Ciel&espace

NOUVELLE FORMULE

Ciel&espace

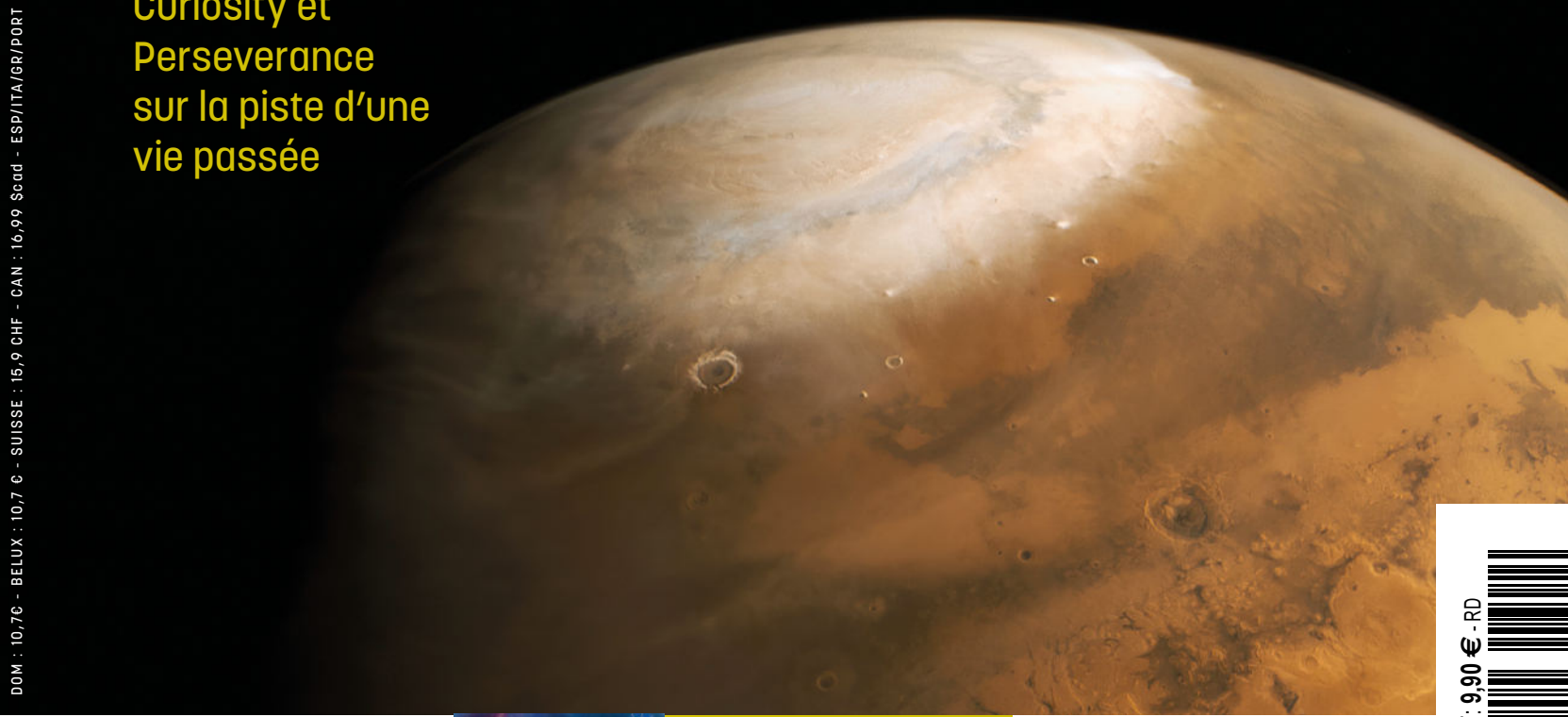
août /septembre 2025 – N° 602

OFFERTE
LA CARTE DU CIEL
NUITS DES ÉTOILES

MARS

PORTRAIT D'UNE PLANÈTE HABITABLE

Curiosity et Perseverance sur la piste d'une vie passée



DOM : 10,7€ - BELUX : 10,7 € - SUISSE : 15,9 CHF - CAN : 16,99 $cad - ESP/ITA/GR/PORT CONT : 10,7 € - MAR : 112 MAD - TOM : 1340 XPF - TUN : 24,8 TND

REPORTAGE
ILS CALCULENT LE NOMBRE DE CIVILISATIONS DANS LA GALAXIE

ENQUÊTE
COMMENT LA CHINE VEUT DÉCROCHER LA LUNE

OBSERVATION
GUETTEZ LES OCCULTATIONS D'ÉTOILES !

L 13490 - 602 - F: 9,90 € - RD

Disponible **en kiosque** ou
sur **www.cieletespace.fr**

MAGAZINES, HORS-SÉRIE, NUMÉROS SPÉCIAUX
nos parutions sont disponibles sur

https://boutique.cieletespace.fr/numeros ou avec ce qr code

FANTAISIES MARTIENNES

Alain Cirou,
directeur de la rédaction

« *Le monde de Mars ressemble tant au monde de la Terre que, s'il nous arrivait un jour de faire le voyage de son côté et d'oublier notre chemin, il nous serait à peu près impossible de reconnaître lequel des deux est notre patrie. Sans la Lune, qui lèverait charitablement notre incertitude, nous courrions grand risque d'arriver chez les habitants de Mars, croyant descendre en Europe ou dans quelque autre quartier terrestre.* » Extrait des *Merveilles célestes* de Camille Flammarion, ouvrage publié en 1865 par la librairie de Louis Hachette, pour inaugurer sa nouvelle collection de La Bibliothèque des merveilles.

Il y a tout juste un siècle s'éteignait à Juvisy l'astronome le plus populaire de son époque : Camille Flammarion. Insatiable curieux, l'ancêtre des journalistes scientifiques français est aussi conteur, romancier, et défend avec fougue des convictions qu'autorise une époque de révolution technologique ébouriffante. Ainsi, la pratique du spiritisme dans les salons parisiens attire comme un aimant cet observateur convaincu de l'existence d'un monde invisible où des esprits (les âmes des personnes disparues) peuvent se manifester bruyamment aux vivants. Et résider, pourquoi pas, sur d'autres planètes. En 1901, l'ingénieur Nicolas Tesla se dit convaincu d'avoir reçu des messages de l'espace ; comme le physicien Marconi qui, en 1919, pense avoir intercepté des signaux en provenance de Mars. Les deux proposent de dialoguer par radio avec ces extraterrestres. Ceux qui ont déjà tenté de les contacter, grâce au spiritisme, trouvent là un moyen plus moderne de converser avec ces « autres ». En 1891, Anne Guzman, riche admiratrice de Flammarion, avait proposé en hommage à son fils décédé de récompenser de 100 000 F la première personne qui établirait une communication avec les habitants d'un corps céleste. La Lune et Mars étaient évidemment exclus de la compétition. Flammarion n'avait-il pas soutenu, avec ardeur, l'existence d'un réseau de canaux artificiels construits à la surface de la planète rouge ? Une ingénierie planétaire rendue nécessaire, selon lui et les partisans de cette thèse comme Percival Lowell, par le transport de l'eau des pôles vers l'équateur martien, où les habitants des villes meurent de soif…

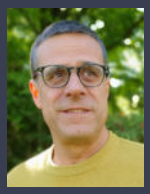
Plus d'un siècle s'est écoulé sans que des Martiens — même morts — ne contredisent notre solitude cosmique. Les robots mobiles qui caracolent à la surface de la planète depuis plus de deux décennies témoignent d'un monde minéral, hostile, sculpté par l'érosion, dont des découvertes récentes montrent qu'il fut habitable il y a plus de… 3,5 milliards d'années.

Mais fut-il habité ? Là est la quête scientifique décrite dans notre dossier, l'enjeu majeur de cette exploration passionnante. Dont se fichent complètement Donald Trump et Elon Musk, ces deux architectes d'un chaos où la planète rouge est d'une tout autre nature. Une *« destinée manifeste »* pour le premier, ou l'expression d'une mission divine d'expansion de la nation américaine vers l'ouest. Et la première colonisation d'une espèce multiplanétaire, pour le second, dont l'hubris et l'arrogance ne sont plus à démontrer. Le résultat, ubuesque et pathétique, de ces deux conceptions de l'exploration spatiale est pour le moment la réduction drastique des budgets de la Nasa consacrés à la science. Et à la coopération internationale. Dernière roue du chariot des Dalton de ce nouveau Far West.

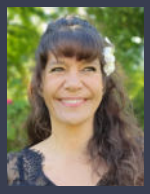
Chaque été, à l'occasion des Nuits des étoiles, l'occasion est offerte de découvrir comment nombre de civilisations ont projeté leurs mythes et leurs croyances sur l'écran noir de la voûte céleste. Des dieux, des déesses, des êtres et des animaux légendaires, mythiques, qui enchantent nos veillées d'histoires riches à nourrir les imaginations. Le ciel, un trésor aussi précieux que les océans, leurs rivages et leurs abîmes ; le thème de ces Nuits. Et un espace qu'il faut aujourd'hui préserver et défendre. Au nom de toute l'humanité.

Photo PgP

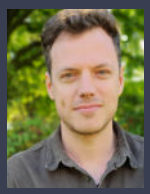
Ils sont au générique de ce numéro



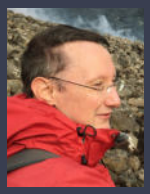
PHILIPPE HENAREJOS
Avant de devenir journaliste formé dans la presse quotidienne régionale, Philippe Henarejos, rédacteur en chef, a été astronome amateur depuis le plus jeune âge. Destination : la Lune. Il suit donc de près tous les programmes spatiaux lunaires. Et l'actualité de tout l'Univers…



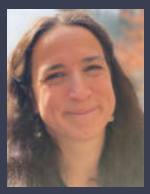
ÉMILIE MARTIN
Passionnée de journalisme de terrain, Émilie Martin est notre reporter. Observatoires, centres spatiaux, laboratoires et astronomes en mission sont ses sujets de prédilection, également pour des documentaires qu'elle coécrit pour la télévision.



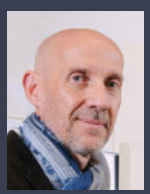
GUILLAUME LANGIN
Passé par un grand groupe aérospatial, puis un observatoire astronomique, Guillaume devient journaliste en 2018. Il intègre la rédaction de *Ciel & espace* l'année suivante. De l'orée des trous noirs aux cabrioles en orbite basse, il filtre l'info avec une méthode simple : douter de tout ce qu'il lit, voit et entend !



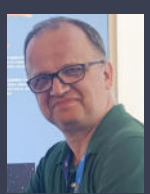
STÉPHANE FAY
Passionné par l'astronomie et plus particulièrement par la cosmologie, Stéphane l'étudie depuis 1995. Il est l'auteur d'une quarantaine d'articles de recherche et partage sa passion avec les lecteurs de *Ciel & espace* depuis 2004.



MYRIAM DÉTRUY
Journaliste pigiste depuis vingt ans pour *Ciel & espace*, Myriam aime se pencher aussi bien sur l'horizon d'un trou noir que sur le mystère astronomique posé par de vieux morceaux de bronze trouvés au fond de la mer.



LAURENT SCHAFER
Journaliste-illustrateur, Laurent est l'auteur des bandes dessinées *Quantix* (2019), *Infinix* (2021) et *Cosmix* (2024), aux éditions Dunod. Ces BD explorent notre étrange réalité quantique et relative, tout en s'interrogeant sur notre place dans l'Univers.

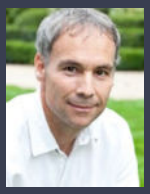


ANTOINE MEUNIER
Journaliste et auteur, Antoine se passionne pour l'Espace avec un grand E depuis le premier décollage de la navette spatiale américaine. Son crédo : faire découvrir au plus grand nombre les enjeux d'un secteur aux multiples facettes.

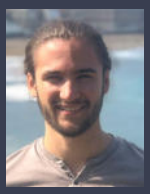
DAVID FOSSÉ
Docteur en astrophysique, notre rédacteur en chef adjoint a troqué un temps son télescope d'amateur contre les radiotélescopes géants. Aujourd'hui, il explore toutes les facettes de l'astronomie avec sa plume. Il est aussi la voix des podcasts de *Ciel & Espace*.

JEAN-LUC DAUVERGNE
Jean-Luc est astronome amateur aguerri et passionné de photographie. Il est notre expert ès télescopes. Mais avant tout, il est journaliste scientifique spécialisé en astronomie, auteur d'ouvrages, de documentaires et de contenus de vulgarisation sur YouTube.

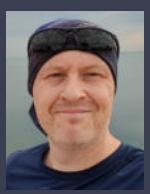
OLIVIER HODASAVA
Directeur artistique de *Ciel & espace*, il joue avec textes et photographies. Il aime à remonter le temps en découvrant archives et images anciennes. Il est l'un des membres fondateurs de l'Ouvroir de cartographie potentielle, et l'auteur de trois romans publiés aux éditions Inculte.



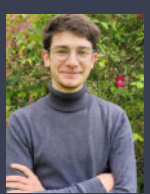
EMMANUEL BEAUDOIN
Enseignant-chercheur en physique à l'université Paris-Saclay, il contribue à l'étude des atmosphères planétaires. Il observe et photographie le ciel depuis plus de quarante ans. Auteur de plusieurs ouvrages de vulgarisation sur l'astronomie, il est également conférencier et anime des ateliers pédagogiques.



MATHIS DE GÉA
Ingénieur de formation, Mathis a d'abord été un fervent lecteur de *Ciel & espace* avant d'y faire ses premières armes lors d'un stage en 2022. Aujourd'hui journaliste, il partage régulièrement sa passion pour l'astronomie dans les pages du magazine.



ANDREW JONES
Andrew est journaliste britannique basé en Finlande. Il a vécu en Chine et est spécialisé dans le programme spatial chinois et l'exploration spatiale internationale. Il collabore, entre autres, avec SpaceNews, IEEE Spectrum, Space.com.



LOUIS BÉRANGER
Étudiant en master de journalisme scientifique, Louis choisit cette voie pour apprendre de tout, à chaque instant et de tout le monde. Curieux de nature, il réalise un stage chez *Ciel & espace* pour en apprendre davantage sur les sciences de l'Univers.

Revue de l'Association française d'astronomie
17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris
Tél. : 01 45 89 81 44.
www.cieletespace.fr
www.afastronomie.fr

Directeur de la publication : le président de l'Association française d'astronomie, Olivier Las Vergnas

Directeur de la rédaction : Alain Cirou, alain.cirou@cieletespace.fr

Rédacteur en chef : Philippe Henarejos, philippe.henarejos@cieletespace.fr

Rédacteur en chef adjoint : David Fossé, d.fosse@cieletespace.fr

Chef·fes de rubrique : Jean-Luc Dauvergne, jl.dauvergne@cieletespace.fr
Émilie Martin, e.martin@cieletespace.fr

Rédacteur : Guillaume Langin, guillaume.langin@cieletespace.fr

Ont collaboré à ce numéro : Antoine Meunier, Louis Béranger, Myriam Détruy, Mathis De Géa, Andrew Jones, Stéphane Fay, Emmanuel Beaudoin

Secrétaire de rédaction : Emmanuelle Lancel, e.lancel@cieletespace.fr

Direction artistique : Olivier Hodasava, o.hodasava@cieletespace.fr
assisté de Florence Can

Publicité et développement commercial : Pauline Alcouffe, pauline.alcouffe@afastronomie.fr

Contact photo : Nicolas Franco, contact@galleryastro.fr

Comptabilité : Sandrine Dorbais, s.dorbais@cieletespace.fr. - 2

Contact diffuseurs de presse : Destination média.
Tél. : 01 56 82 12 04.

Abonnement : Ciel & espace c/o Opper Services CS 60003, 31242 L'Union Cedex. **Tél. :** 05 34 56 35 60 (10 h-12 h/14 h-17 h). **Site :** www.cieletespace.fr/abonnement

Abonnement Canada : Express Mag, 3339 rue Griffith, Saint-Laurent QC H4T 1W5. **Tél. :** 1(800) 363 – 1310 ou (514) 355-3333. **Mail :** expsmag@expressmag.com.

Abonnement États-Unis : Express Magazine, PO Box 2769 Plattsburgh (New York) 12901 – 0239. **Tél. :** 1(800) 363 1310 ou (877) 363 1310. **Mail :** expsmag@expressmag.com.

ISSN n° 0373-9139.
CPPAP n° 1028 G 83672. Imprimé en France chez Agir Graphic (53000)
Distribué par les MLP. N° 602, 8/2025.
Dépôt légal à parution.

© 2025 AFA

Encarts : Carte des Nuits des étoiles ; le hors-série n°52 (ex. abonnés)

Papier certifié FEPC. Origine : Autriche et Finlande. Fibres recyclées : 0. P tot. : 0,01 kg/t (couverture) et 0,1 kg/t (intérieur).

sommaire

3
ÉDITORIAL

6
L'IMAGE À REMONTER LE TEMPS
Un cow-boy sur la Lune

8
LIRE, VOIR
La marche aux étoiles d'Olivier Bleys

10
15 manières de prendre son temps cet été

14
AGENDA
L'actualité de la culture

16
BANDE DESSINÉE
La vie ailleurs ? Le grand débat, par Laurent Schafer

18
ÉCHOS DU CIEL
Le nuage d'Oort a une forme de galaxie spirale

Un nouvel observatoire à Toulouse

On a retrouvé la matière ordinaire manquante

L'histoire revisitée de Vesta

Andreas Mogensen, nouveau directeur des astronautes de l'ESA

Trump sabre dans le budget de la Nasa

42 **DOSSIER**
Mars, portrait d'une planète habitable

44 Des indices gravés dans le désert

50 Une planète au passé aquatique

52 Les promesses de l'eau

58 Pascal Lee : « Mars n'a jamais connu de climat tempéré avec de l'eau liquide en abondance »

62 Petite chronologie de l'habitabilité martienne

64 Chercher la vie dans un bout de Mars

31
DRÔLES D'IDÉES
Traquer les trous noirs avec le corps humain

32
À LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

34
TOUT IMAGE

68
REPORTAGE
Sommes-nous seuls dans la Galaxie ? L'équation qui guide les chasseurs d'E. T.

74
ENQUÊTE
Comment la Chine compte marcher sur la Lune avant 2030

78
EN PROFONDEUR
Zhúlóng, la galaxie spirale inattendue

82
Étoiles à quarks : vous avez dit étrange ?

86
HISTOIRE
Eurêka, le Soleil est au centre !

90
VOUS ÊTES ICI
Sous les geysers d'Encelade

96
DU CÔTÉ DE L'AFA
Les 35es Nuits des étoiles

100
PREMIER CONTACT
Helix, un zoom sur la mort du Soleil

104
OBSERVATION
Les amas globulaires dans le ciel d'été

110
L'âge d'or des occultations

114
TEST
Téléobjectif Tokina SZ 600 mm Pro

Oculaire Houdini 20 mm

118
OUVERT LA NUIT
Vos plus belles photos du ciel

126
DANS LE CIEL
Les rendez-vous étoilés de ces deux mois

130
À L'ŒIL NU
Visez la toupie Altaïr

Couverture : © Emirates Mars Mission / Jason Major

Prochaine parution le **13 septembre**

UN COW-BOY SUR LA LUNE

La photo prise en 1963 dans un hangar de la Nasa est saisissante : un jeune garçon savoure une glace, rêveur, dans un aride paysage lunaire. Six ans plus tard, Armstrong et Aldrin, engoncés dans leurs scaphandres, eux, n'auront pas loisir de goûter à un tel plaisir.

Olivier Hodasava

Ce pourrait être un plateau de cinéma, le décor d'un film de science-fiction, tant la Terre semble exagérément en volume et les reliefs du sol, abrupts. Mais il n'en est rien. Ce jeune garçon a été photographié alors qu'il visitait des installations construites dans le cadre du programme lunaire Apollo, au Farmindale Space Research Laboratory de Long Island, dans l'État de New York. L'image a été prise à l'occasion d'une journée « portes ouvertes » le 28 mai 1963, deux ans à peine après que le président Kennedy a annoncé devant le Congrès des États-Unis le lancement d'un programme qui devait amener des astronautes américains sur notre satellite naturel « *avant la fin de la décennie* ». Et c'est donc bien face à un paysage lunaire que le jeune garçon savoure sa glace. Ce décor servait de cadre à des images tournées dans le but d'être projetées au-delà des hublots d'un simulateur de la Nasa. Celui-ci reproduisait dans le détail ce qu'allait être l'intérieur de l'étage de remontée du module lunaire (LM). Quatre grands écrans étaient disposés à l'extérieur du vaisseau et projetaient les images filmées dans le décor de la photographie. Les astronautes dans le simulateur avaient ainsi la sensation de manœuvrer réellement aux abords de la Lune. Des instructeurs, derrière un pupitre de commande un peu plus loin, mimaient toute sorte de dysfonctionnements pour déstabiliser les futurs « *moonwalkers* ».

En 1968, le simulateur fut transféré au centre spatial Kennedy à cap Canaveral, en Floride. Tous les hommes des missions Apollo s'y sont entraînés. Ils y ont même dormi comme ils allaient devoir le faire dans le LM lors de leurs séjours lunaires. Cratères, failles et pics ont aujourd'hui depuis longtemps disparu. En lieu et place du décor gigantesque se trouvent des plateaux de cinéma. Autres temps, autres mœurs, certaines scènes de *The Amazing Spider-Man : Le destin d'un héros*, entre autres, y ont été tournées, mais dans des hangars nus, sur fond vert, les décors étant ajoutés plus tard de façon numérique.

Le jeune garçon, pistolet à la ceinture, cornet de glace en main et poussière sur les chaussures, avait 5 ans au moment où la photo a été prise. Nous connaissons son nom — David Rowan —, mais nous n'en savons guère plus à son sujet. La rédaction de *Ciel & Espace*, curieuse de savoir ce qu'il est devenu, serait heureuse d'entrer en relation avec toute personne le connaissant ou l'ayant connu. © Nasa

Courtesy Olivier Bleys

OLIVIER BLEYS

« LES SITES ÉTOILÉS DEVRAIENT ÊTRE INSCRITS AU PATRIMOINE MONDIAL DE L'UNESCO »

Afin de témoigner de l'état du ciel de l'Ouest américain, l'écrivain aventurier Olivier Bleys et sa compagne Julie Philippe ont parcouru la Sierra Nevada. Un livre remarquablement bien écrit et un documentaire sont nés de leur projet.

Propos recueillis par Jean-Luc Dauvergne

Comment avez-vous eu l'idée de *La marche aux étoiles* ?

Olivier Bleys : Julie Philippe et moi partageons un même émerveillement pour le ciel étoilé et une préoccupation égale des menaces qui pèsent aujourd'hui sur cette splendeur nocturne. Nous nous sommes demandé comment de simples citoyens épris d'écologie pouvaient contribuer à la préservation du ciel noir. C'est ainsi que, quelques semaines avant le début de la crise sanitaire, nous avons écrit *La marche aux étoiles*, un projet combinant deux voyages parallèles (à pied et en van), un livre et un documentaire audiovisuel, complétés par des actions pédagogiques ciblant le jeune public.

Est-ce que la marche apporte un plus dans l'approche du ciel ?

D'une manière générale, la randonnée vous connecte à la nature et, par extension, à tous les phénomènes et milieux naturels. Qu'il s'agisse d'une forêt séculaire, d'un océan dans la tempête ou de la voute céleste.

Sur un plan pratique, la marche engagée en altitude avec du poids sur le dos est peu favorable à la contemplation des étoiles. À 19 h, en général, le camp est dressé, on mange et l'on s'endort ! Les insomnies offrent néanmoins une chance d'admirer le ciel nocturne, heureusement.

On vous suit avec plaisir de bivouac en bivouac. Quel aura été le moment le plus marquant de votre aventure ?

Le festival Night Sky à Twenty-Nine Palms m'a procuré de belles émotions. L'édition 2023 coïncidait avec une éclipse partielle de Soleil, à laquelle j'ai pu assister aux côtés des membres du club d'astronomie local. Un grand moment !

À l'issue de ce périple, quel regard portez-vous sur les réserves de ciel étoilé ?

Elles sont très utiles, peut-être même indispensables à la protection du ciel nocturne. On peut néanmoins regretter que les labels soient attribués par une association américaine, Dark-Sky International, plutôt que par un organisme public comme l'Unesco, par exemple. L'Unesco inscrit des sites naturels à son patrimoine mondial, pourquoi pas des territoires jouissant d'un beau ciel étoilé ?

Comment avez-vous financé votre projet ?

Cela a été très compliqué. Malgré de nombreuses démarches, nous n'avons pas reçu un seul centime de partenaires français. Mais heureusement, nous avons bénéficié d'un rare alignement de planètes : deux fondations, l'une américaine, l'autre suisse, nous ont procuré l'intégralité des fonds nécessaires. Du moins pour la partie américaine. Car à l'origine, cette marche aux étoiles devait se déployer sur tous les continents ; des treks parallèles étaient prévus en Nouvelle-Zélande, en Namibie, au Canada… C'est ainsi que Julie et moi l'avions conçue et écrite.

Vous envisagez donc une suite ?

Pour l'instant, non. La marche aux étoiles se justifiait par l'existence du livre et, dans une moindre mesure, du documentaire créés pour en témoigner. Il serait difficile d'imposer un nouvel ouvrage sur un sujet voisin. Et, pour le film, il faudrait cette fois convaincre un producteur et un diffuseur, sans la liberté que nous accordait le soutien des fondations. En revanche, avoir longtemps nourri ce rêve et l'avoir incarné, cela m'a donné envie d'en réaliser d'autres. C'est une grande leçon d'optimisme, de foi et d'opiniâtreté.

LA MARCHE AUX ÉTOILES, EN QUÊTE DE CIELS SAUVAGES

Olivier Bleys / éditions Actes Sud / 300 p. / 22 €

LA MARCHE AUX ÉTOILES

Documentaire d'Olivier Bleys et de Julie Philippe / disponible sur **https://olivierbleys.com/la-marche-aux-etoiles-en-californie**
55 min / 25 €

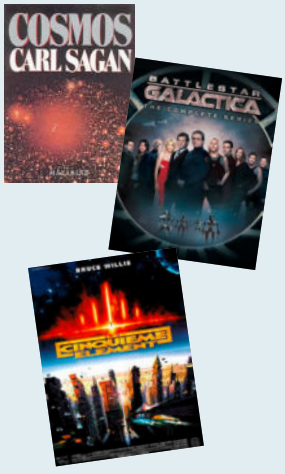
RETROUVEZ CIEL & ESPACE sur sa chaine YouTube

www.youtube.com/@CieletespaceFr

15 MANIÈRES DE PRENDRE SON TEMPS CET ÉTÉ

Vous êtes en vacances et avez enfin du temps devant vous ? Voici une sélection de livres, de films, et même un jeu vidéo choisi pour vous par les membres de la rédaction de *Ciel & espace*. Pour vous immerger dans les étoiles, rêver, contempler, réfléchir… À vous de choisir !

© O. Hodasava/CSE



LES CHOIX DE PHILIPPE HENAREJOS

COSMOS
Carl Sagan / éditions Mazarine / 360 p. / occasion, bibliothèque

Cet ouvrage certes un peu daté reste une incroyable histoire de l'Univers riche de récits venus de diverses cultures. À lire et à relire pour prendre conscience de notre place dans l'immensité du cosmos.

BATTLESTAR GALACTICA
Série de Ronald D. Moore / 4 saisons, 73 épisodes de 53 min /

Quatre saisons de courses poursuites et de combats dans l'espace profond, avec une réflexion philosophique inépuisable sur la nature humaine. À méditer pour les longues journées sur une île déserte.

LE CINQUIÈME ÉLÉMENT
Film de Luc Besson / 126 min.

Sorti en 1997, un divertissement spatial qui ne se prend pas au sérieux, à regarder plusieurs fois pour un plaisir renouvelé. Avec, toujours, une pointe de réflexion sur ce qui est vraiment essentiel dans l'existence.

LES CHOIX DE DAVID FOSSÉ

EINSTEIN ET LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE
Jean Einsenstaedt / CNRS éditions / 350 p. / 12 €

Cet été, après les plongeons, offrez-vous une grande plongée dans l'histoire de la théorie d'Einstein ! Fouillé, très clair sur les motivations et la méthode du génial Albert, ce livre est remarquable.

SPACE-O-MATIC
Manchu / éditions Delcourt / 96 p. / 29,95 €

Les illustrations de Manchu possèdent une puissance d'évocation qui le classe parmi les plus grands *space artists* vivants. Publié en 2017, le tome 3 de la série *The Art of Manchu* est une splendeur.

DES RÉVOLUTIONS DES ORBES CÉLESTES
Collectif / éditions Les Belles Lettres / 2 700 p. / 230 €

Histoire, astronomie, mathématiques, philosophie… Dans cette monumentale édition critique du chef-d'œuvre de Copernic, l'immersion dans la Renaissance scientifique est totale. Pour des vacances studieuses.

LES CHOIX D'ÉMILIE MARTIN

ENFANTS DU SOLEIL
André Brahic / éditions Odile Jacob / 260 p. / 10,50 €

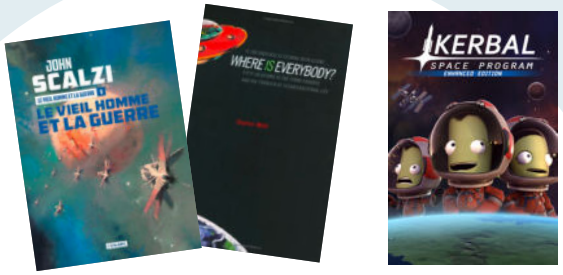
André Brahic savait raconter les merveilles de l'astronomie avec un enthousiasme débordant et contagieux. Ce livre, qui retrace nos origines cosmiques, est à son image : fascinant et joyeux.

LA MAGIE DU COSMOS
Série documentaire coréalisée par Brian Greene / 4 épisodes (3 h 28 au total) / 9,99 € sur Arte boutique

Adaptée de ses best-sellers, cette série de l'astrophysicien Brian Greene nous plonge dans le monde surréaliste de la physique quantique autant qu'il nous dévoile les arcanes du temps et de l'espace. Merveilleux.

SEUL SUR MARS
Film de Ridley Scott / 2 h 31 / en VOD / 3,99 €

Parfaitement maîtrisée par le réalisateur de *Blade Runner*, cette épopée martienne saura vous divertir, vous faire danser au son d'une impeccable BO et vous formera au « système D » grâce à Matt Damon !



LES CHOIX DE GUILLAUME LANGIN

LE VIEIL HOMME ET LA GUERRE
John Scalzi / éditions L'Atalante / 370 p. / 22,50 €

Premier d'une série de neuf, ce roman de SF reste méconnu en France malgré un grand succès en 2004 outre-Atlantique. À vous les tribulations de l'humanité devant défendre ses colonies extraterrestres.

WHERE IS EVERYBODY ?
Stephen Webb / Springer / 290 pages / 18,72 €

Il y a des myriades de planètes dans la Galaxie. Pourquoi aucun alien ne nous a contactés ? Parmi 75 réponses (crédibles), certaines sont une exquise invitation à imaginer ce que pourrait être une société extraterrestre.

KERBAL SPACE PROGRAM
Squad / Private Division / 39,99 € sur Steam (réductions fréquentes)

Depuis la planète Kerbin, envoyez d'intrépides astronautes explorer leur système planétaire. Un jeu vidéo culte pour se forger, en s'amusant, de bonnes connaissances en fuséologie et en mécanique orbitale.

LES CHOIX DE JEAN-LUC DAUVERGNE

NOSTALGIE DE LA LUMIÈRE
Patricio Guzmán / 90 min / 2,99 €
en VOD sur Universciné

Ce documentaire à la fois historique, scientifique et poétique réalise le tour de force de tisser des passerelles entre les victimes de la dictature au Chili et l'astronomie.

POCKET SKY ATLAS
Roger W. Sinnott / Sky & Telescope / 120 p. / 33 €

En vacances avec votre télescope loin, très loin des lumières des villes ? Rien de tel alors que d'avoir la version de poche de l'excellent Sky Atlas 2000 pour (re)découvrir les trésors du ciel !

LE CYCLE DE FONDATION
Isaac Asimov / Folio SF / 5 tomes / 47 €

Fondation, d'Isaac Asimov, est une saga de science-fiction en cinq tomes où la science prédictive tente de préserver la civilisation face à la chute imminente d'un empire galactique.

VULGARISATION

QUAND LES TROUS NOIRS FONT LEUR CINÉMA

LE PUBLIC

Quiconque s'intéresse à la physique déroutante des trous noirs, ou a apprécié le film *Interstellar* réalisé par Christopher Nolan en 2014, pourra lire ce livre. Si vous n'avez pas vu le film, attention aux spoilers.

EN RÉSUMÉ

Spécialiste de la théorie de la relativité générale et de la physique des trous noirs, dont il fit une visualisation réaliste dès 1978, Jean-Pierre Luminet entreprend de passer au crible le blockbuster *Interstellar*. Une grande partie de l'intrigue du film tourne en effet (si l'on ose dire) autour de l'un d'eux, et met en scène plusieurs aspects de la théorie d'Einstein et de ses prolongements, théorie des cordes en tête.

NOTRE AVIS

Trous de vers, trous noirs, étirement du temps, marées gravitationnelles, tesseracts, unification de la physique : certains vous ont peut-être échappé, mais les thèmes (astro)physiques abordés dans *Interstellar* sont nombreux. En suivant le scénario du film, ce qui rend le voyage fort agréable, ils sont ici décryptés un par un avec rigueur et clarté. Bien sûr, une fois le livre refermé, vous aurez sans doute envie de revisionner *Interstellar* !

DF

VOYAGER DANS UN TROU NOIR AVEC INTERSTELLAR

Jean-Pierre Luminet / éditions Dunod / 200 p. / 17,90 € / ★★★☆

HISTOIRE

LA VRAIE FORME DE LA TERRE

LE PUBLIC

Tout le monde peut se plonger dans ce récit historique, fait d'aventures. Peu importe que certaines notions de géodésie demeurent obscures.

EN RÉSUMÉ

En 1735, un débat scientifique doit être tranché : la Terre est-elle aplatie aux pôles ou au contraire allongée ? Pour le savoir, il faut réaliser des mesures dans une région proche de l'équateur. C'est pourquoi l'Académie des sciences envoie, entre autres, Godin, La Condamine et Jussieu arpenter un arc de méridien au Pérou. En outre, l'affaire peut rapporter sur le plan stratégique avec une capacité de localisation accrue sur les mers ; raison pour laquelle le roi d'Espagne accepte l'expédition française sur des terres qui dépendent de lui, tout en imposant la présence de deux scientifiques et militaires espagnols. Le récit chronologique raconte la traversée de l'Atlantique en voiliers, détaille l'équipement emporté, et n'omet rien des difficultés techniques, humaines et financières rencontrées par l'expédition sur le terrain.

NOTRE AVIS

Ce récit bien mené se lit comme un roman d'aventures. Il permet de se souvenir combien, à une époque, les mesures géométriques faites sur le terrain se heurtaient à des obstacles aussi nombreux qu'inattendus : des incompatibilités d'humeur jusqu'aux volcans susceptibles de dévier la verticale. Les scientifiques ne sont pas seulement astronomes, mais aussi botanistes, géographes. Et ils se font navigateurs ou alpinistes à l'occasion, pour arriver à prouver la vraie forme de la Terre.

PH

LES CONQUISTADORS DU SAVOIR

Bernard Jimenez / éditions Glénat / 190 p. / 39,95 € / ★★★★

ESSAI

VOYAGE EN TERRE IMPACTÉE

LE PUBLIC

Parfait pour toute personne qui apprécie aussi les chiffres.

EN RÉSUMÉ

On leur doit la naissance et l'apparence de la Lune, ou encore la disparition des dinosaures. Mais dans l'histoire récente, les impacts d'astéroïdes et autres chutes de météorites ont aussi affecté certaines vies humaines. Tandis que l'humanité commence à se protéger contre une future menace, certaines « bombes cosmiques » lui ont paradoxalement été bénéfiques. Cet essai rend compte de tous ces aspects, au gré des voyages de son auteur à la rencontre des cratères remarquables de notre planète et des personnalités qui les étudient.

NOTRE AVIS

En bon globe-trotteur, Charles Frankel partage de savoureux récits de voyage, qui viennent enrichir des descriptions scientifiques fort bien vulgarisées (ce qui n'est pas une mince affaire quand il s'agit de géologie !). Son œil aguerri va trouver des signes de chocs du passé dans des lieux originaux, comme la terre que les fourmis extraient du sol en creusant leurs galeries, ou les pierres qui ont servi à bâtir les murs d'églises centenaires. Outre les anecdotes amusantes, le souci de fournir des données justes et nombreuses sur la masse des astéroïdes, la taille des cratères ou la fréquence de ces visites catastrophiques donne même à ce livre de poche des airs de petite bible, digeste, de la science des impacts. Inspirant et instructif !

GL

BOMBES COSMIQUES

Charles Frankel / éditions Seuil / 200 p. / 21 € / ★★★☆

ESSAI

UN ESPACE INTIME

LE PUBLIC

Un livre pour toutes et tous, parfait à lire en famille, chapitre par chapitre, en vacances ou au coin du feu.

EN RÉSUMÉ

Astronaute de l'ESA (la même promotion que Thomas Pesquet), le Britannique Tim Peake est aussi un auteur prolixe qui signe ici son huitième livre. Il y raconte l'exploration spatiale avec un angle très intime, celui des hommes et des femmes derrière le scaphandre. Son découpage n'est pas chronologique, mais thématique : pour chaque chapitre (« décrocher le job », « décoller » ou encore « rentrer à la maison »), il convoque aussi bien les astronautes de Gemini que ceux d'Artemis, aussi bien les Américains que les Russes ou les Européens.

NOTRE AVIS

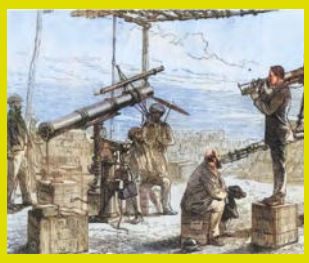
Bruce McCandless (qui fait la couverture de ce livre) grelottait quand, à l'aide de son jet-pack, il s'est éloigné à 91 m de la navette *Challenger*, sans le moindre filin de sécurité. La Nasa a longtemps caché que Buzz Aldrin a passé un mois en institut psychiatrique pour dépression après sa mission historique. Les Russes s'entrainaient à l'espace dans la « chambre du silence », une petite pièce tapissée de plomb et insonorisée… Voici quelques-unes des innombrables anecdotes que raconte Tim Peake dans son ouvrage ultradocumenté, écrit d'une belle plume sensible, teintée d'humour et sur un rythme haletant. C'est tout simplement passionnant.

EM

L'ESPACE, UNE AVENTURE HUMAINE

Tim Peake / éditions Alisio / 380 p. / 24,90 € / ★★★★

ET AUSSI…



HISTOIRE

EXPLORER LE CIEL, LES PLANÈTES ET LA TERRE
Yaël Nazé / éditions Odile Jacob / 300 p. / 24,90 €

Des pôles au Pérou, du milieu de l'Atlantique au cœur de l'Arabie, les astronomes n'ont jamais cessé au fil des siècles de monter de grandes expéditions pour mieux comprendre l'Univers. Yaël Nazé exhume ici quelques pépites ! Ecoutez aussi notre podcast en sa compagnie : https://tinyurl.com/yc2hzyxw

DF

GUIDE

10 EXPÉRIENCES DE SPECTROSCOPIE ASTRONOMIQUE
Olivier Garde / EDP Sciences / 290 pages / 43 €

Quoiqu'un peu cher, ce guide est indispensable à qui souhaite se lancer dans la spectroscopie amateur en astronomie, un domaine où la France est leader, grâce à un tissu industriel et associatif efficace. Il est aussi un bon complément à *Lumière pour sonder le monde*, plus théorique.

JLD

ESSAI

FRANCHIR SUR MARS LES PORTES DES L'ESPACE
Pierre Brisson / Le Lys bleu / 260 p. / 22 €

Ce livre défend coûte que coûte, avec quelques tentatives de démonstrations techniques fondées sur la réussite à venir de Space X, le rêve de certains de transformer l'humanité en espèce multiplanétaire. Intéressant, bien que discutable.

PH

Dans le Lot, rendez-vous au moulin à vent de Boisse pour les Nuits des étoiles.

35 ANS DE NUITS

« C'est en me rendant aux toutes premières Nuits des étoiles en 1991 que j'ai connu le président du club d'astronomie de Gigouzac de l'époque. Je l'ai alors rejoint. » Pour Bernard Déléris, aujourd'hui secrétaire de ce club du Lot, ce rendez-vous estival a nécessairement une saveur particulière. Sur la colline de Pech Piquet le vendredi soir, puis au moulin à vent de Boisse le lendemain, le passionné d'astronomie participera cette année à sa 35e édition, organisée dans toute la France les 1er, 2 et 3 août 2025. Comme à Gigouzac, nombre d'associations en France sont mobilisées depuis le début, et n'ont raté aucune édition ! D'autres ont rejoint le festival d'astronomie au fil des ans, portant à plus de 500 le nombre de manifestations accueillant le public dans tout le pays. La programmation des Nuits des étoiles se consulte sur la carte mise en ligne par l'Association française d'astronomie, qui a choisi en 2025 de célébrer les « océans du ciel » [lire aussi p. 96].

LES NUITS DES ÉTOILES

Les 1er, 2 et 3 août 2025 –
Dans toute la France
Gratuit
www.afastronomie.fr/les-nuits-des-etoiles

JOURNÉES DE L'ASTRONOMIE

Villeneuve-d'Ascq (59) – 27 et 28 septembre
Traditionnel week-end d'animations et d'observations publiques organisé par le CARL à la Ferme du Héron.
www.astro-carl.com

PARIS SOUS LES ÉTOILES

Paris (75) – jusqu'au 13 septembre
Soirées gratuites d'observation aux télescopes et ateliers de repérage du ciel dans les parcs et jardins de la capitale
Gratuit
www.afastronomie.fr/paris

Paimpol - La disparition de la nuit

FESTIVAL ASTROLYS

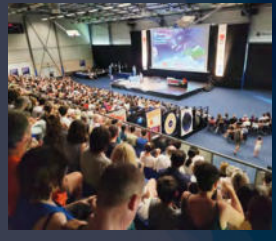
La Chapelle-aux-Lys (85) – 16, 17 août
Le thème de cette année : « Les animaux du ciel ». À l'honneur, les constellations du Lion, du Taureau, des Poissons… ainsi que les animaux astronautes.
www.astrolys.fr

La Chapelle-aux-Lys

RAAGSO

Ambeyrac (12) – du 18 au 21 septembre
16e édition du Rassemblement de l'astronomie amateur du Grand Sud-Ouest au camping du Causse, à la frontière entre Lot et Aveyron. Inscription obligatoire.
Contact : asso.raagso@gmail.com
www.raagso.fr

Ambeyrac



Fleurance

FESTIVAL D'ASTRONOMIE

Fleurance (32) – du 1er au 8 août
35e édition de cette incontournable semaine de l'astronomie qui réunit près de 50 scientifiques professionnels et propose 11 conférences, cours et ateliers par jour.
www.festival-astronomie.fr

EXPOSITION MÉTÉORITES

Troyes (10) – jusqu'au 31 août

La très bonne exposition « Météorites, entre ciel et terre » du Muséum national d'histoire naturelle s'est installée au musée d'Art moderne de Troyes. 8 €, gratuit pour les moins de 26 ans
https://musees-troyes.com/expositions

PLANÉTARIUM

Mailly-le-Château (89) – 30 juillet, 6 et 13 août

Programmation « Astro-vacances » trois mercredis de l'été, pour les plus de 5 ans. Activité en salle (1 h) et séance de planétarium (1 h).
www.planetarium-mailly-le-chateau.com

ÉTOILEZ-VOUS

Villarembert (73) – du 11 au 15 août

Nouveau festival d'astronomie grand public à la station du Corbier en Maurienne. Observations, quiz astro, planétarium, atelier photo, animations ludiques, expositions et jeux concours.
www.le-corbier.com

ASTROVALBERG

Valberg (06) – du 22 au 24 août

Randonnées nocturnes (sur inscription), séances de planétarium, observations, ateliers créatifs et conférences composent le programme de ce festival adapté aux familles.
https://astrovalberg.departement06.fr

EXPOSITION AU MUCEM

Marseille (13) – jusqu'au 6 janvier 2026

Exposition « Lire le ciel, sous les étoiles en Méditerranée » sur l'appréhension du ciel nocturne par les sociétés historiques et contemporaines.
www.mucem.org

RETROUVER LA NUIT DISPARUE

Entre les ruines de la fantasmagorique abbaye de Beauport, le collectif d'artistes « La folie kilométrique » donne six représentations de son spectacle *La disparition de la nuit*. Une fiction théâtrale pendant laquelle le public déambule en étant plongé dans l'obscurité. Par le biais d'installations visuelles et sonores, les personnages de cette création originale dépeignent un monde où la pollution lumineuse risque de faire disparaitre la nuit, et avec elle le ciel étoilé.

LA DISPARITION DE LA NUIT

Les 12, 13, 14, 17, 18 et 19 août, abbaye de Beauport, Paimpol (22)
Billetterie ouverte le 14 juillet
https://abbayebeauport.com
http://lafoliekilometre.org/accueil/travaux

COUPOLES PATRIMONIALES

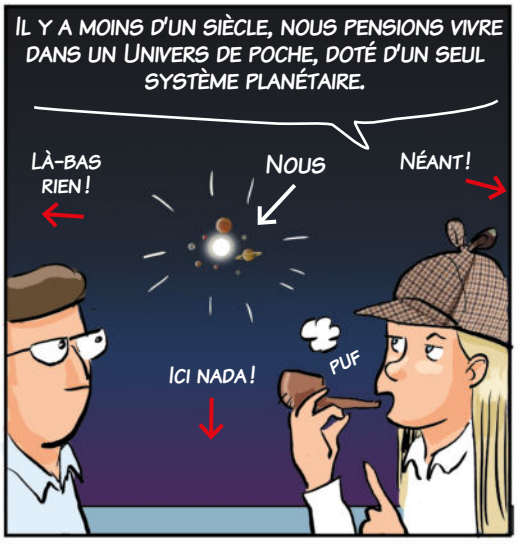
Paris, Lyon, Nice, Floirac, Pic du Midi, Besançon, etc. Chaque année pour les Journées européennes du patrimoine, des observatoires historiques ont coutume d'ouvrir leurs portes. En 2025, centenaire de la mort de Camille Flammarion, les visites de son observatoire à Juvisy-sur-Orge (Essonne) s'accompagnent d'une exposition au château de Villiers voisin. À l'université catholique de Lille, on fait visiter une coupole astronomique entièrement rénovée, rouverte en 2025 après avoir été fermée pendant trente ans.

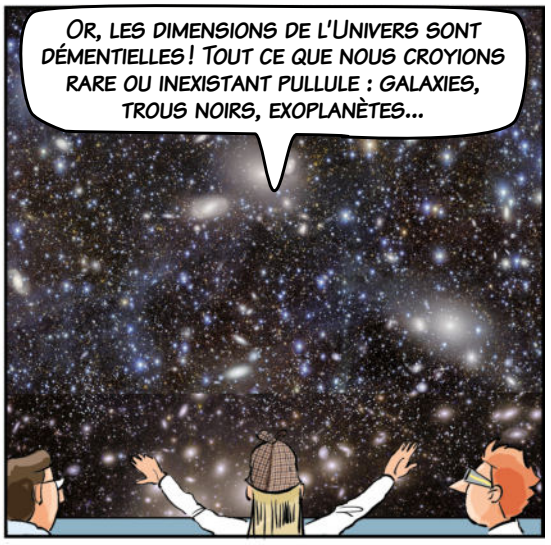
JOURNÉES EUROPÉENNES DU PATRIMOINE

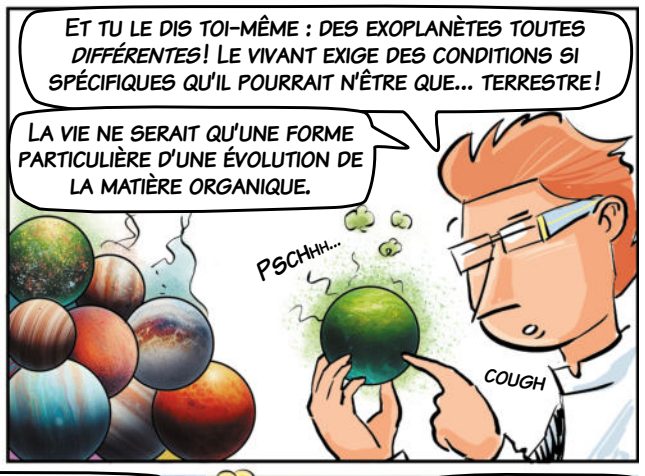
Les 19, 20 et 21 septembre -
Dans toute la France
https://journeesdupatrimoine.culture.gouv.fr

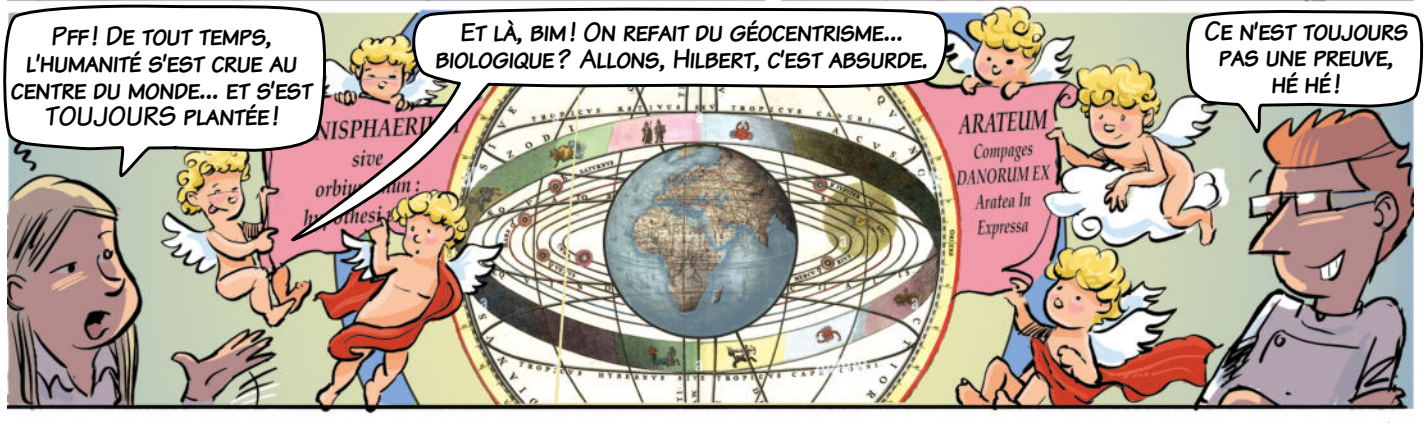
LE COSMIC LAB de L. Schafer

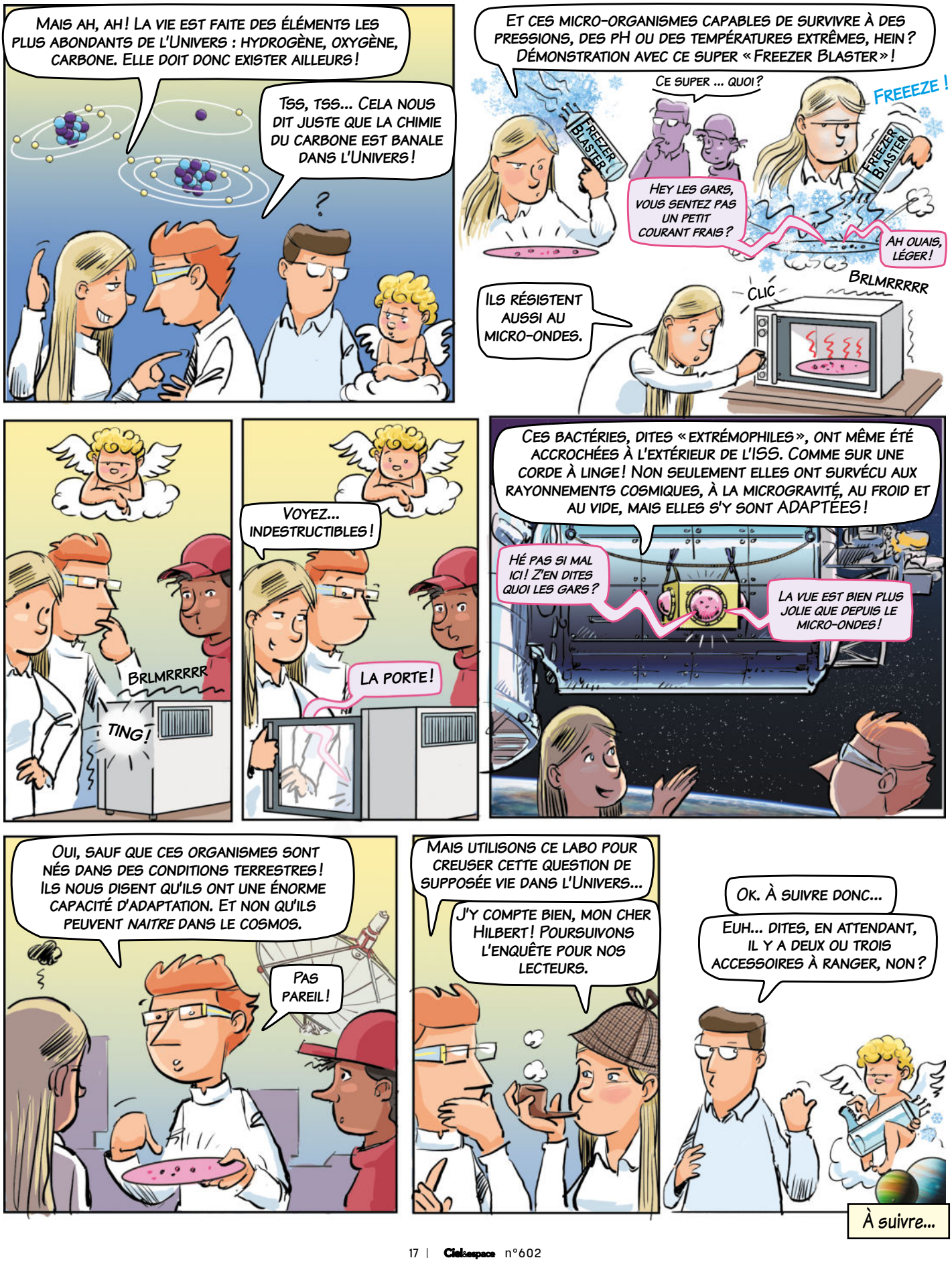
La vie ailleurs ? Le grand débat










Mais ah, ah ! La vie est faite des éléments les plus abondants de l'Univers : hydrogène, oxygène, carbone. Elle doit donc exister ailleurs !
Tss, tss... Cela nous dit juste que la chimie du carbone est banale dans l'Univers !
?
Et ces micro-organismes capables de survivre à des pressions, des pH ou des températures extrêmes, hein ? Démonstration avec ce super « Freezer Blaster » !
Ce super ... quoi ?
Freeeze !
Freezer Blaster
Freezer Blaster
Hey les gars, vous sentez pas un petit courant frais ?
Ah ouais, léger !
Ils résistent aussi au micro-ondes.
Clic
Brlmrrrrr
Brlmrrrrr
Ting !
Voyez... indestructibles !
La porte !
Ces bactéries, dites « extrémophiles », ont même été accrochées à l'extérieur de l'ISS. Comme sur une corde à linge ! Non seulement elles ont survécu aux rayonnements cosmiques, à la microgravité, au froid et au vide, mais elles s'y sont ADAPTÉES !
Hé pas si mal ici ! Z'en dites quoi les gars ?
La vue est bien plus jolie que depuis le micro-ondes !
Oui, sauf que ces organismes sont nés dans des conditions terrestres ! Ils nous disent qu'ils ont une énorme capacité d'adaptation. Et non qu'ils peuvent *naître* dans le cosmos.
Pas pareil !
Mais utilisons ce labo pour creuser cette question de supposée vie dans l'Univers...
J'y compte bien, mon cher Hilbert ! Poursuivons l'enquête pour nos lecteurs.
Ok. À suivre donc...
Euh... dites, en attendant, il y a deux ou trois accessoires à ranger, non ?
À suivre...

David Nesvorný

Planétologue au South West Research Institute de Boulder (Colorado)

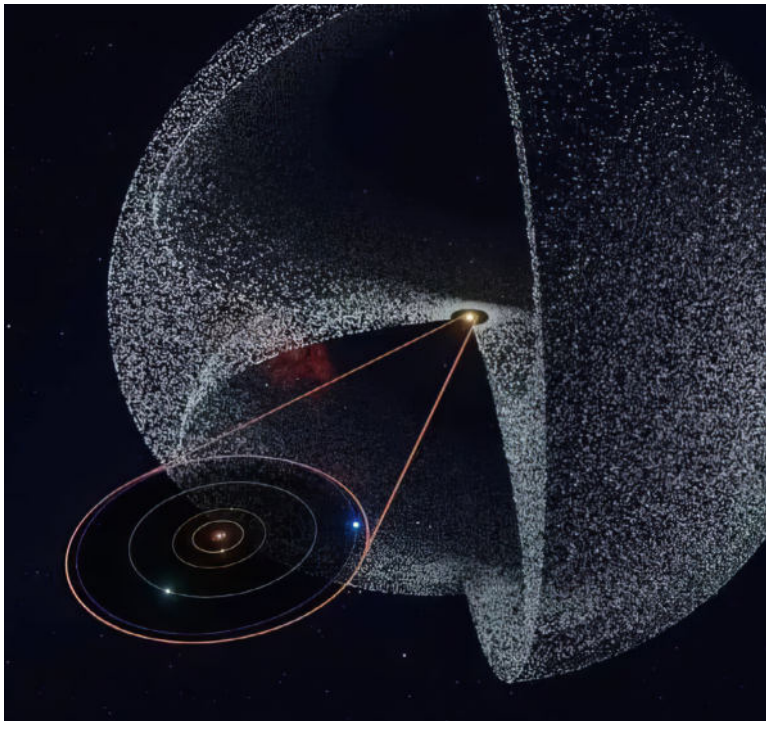
LE NUAGE D'OORT A UNE FORME DE GALAXIE SPIRALE

Propos recueillis par Jean-Luc Dauvergne

Deux lointains ensembles de petits corps entourent le Système solaire, bien au-delà de la planète Neptune. Le plus proche commence à environ 40 unités astronomiques (UA) de notre étoile (soit 40 fois la distance Terre-Soleil) ; la Ceinture de Kuiper doit son nom à sa forme en anneau. Le second, le Nuage d'Oort, est bien plus éloigné. Ce vaste ensemble sphérique d'astres froids s'étendrait jusqu'à 100 000 UA. Aucune observation directe n'a pu encore en être faite. Ses caractéristiques sont déduites de l'étude des comètes à longue période, qui proviennent de cette région. Une découverte inattendue vient d'être réalisée à son sujet. Et de façon assez inhabituelle, comme nous le raconte l'astronome David Nesvorný.

Vous avez effectué une simulation de la partie interne du Nuage d'Oort. Pouvez-vous nous raconter la surprise que vous avez eue lorsqu'elle a été restituée en 3D par le planétarium de New York ?

Je leur ai envoyé les résultats de la simulation et ils en ont fait une très belle animation. C'est alors qu'ils ont découvert une forme de spirale.



Dans un premier temps, ils ne m'en ont pas parlé — ils devaient penser que c'était déjà connu. Mais ça ne l'était pas ! J'ai vu cette structure pour la première fois lorsque j'ai regardé leur animation.

Quelle a été votre réaction ?

J'ai été très surpris et intrigué. Mon premier réflexe a été de contrôler qu'il ne s'agissait pas d'un malentendu ou d'un artefact dû à la projection. Mais non, la spirale était bien là, bien visible. J'ai ensuite vérifié toutes sortes de modèles de Nuage d'Oort que j'ai développés ces dix dernières années : avec différents passages d'étoiles au voisinage du Système solaire, divers effets de marée galactiques, avec ou sans la Planète 9 [planète hypothétique au-delà de Neptune, NDLR], différents scénarios de migration des planètes géantes… Et la spirale apparaissait à chaque fois. C'est exactement le type de résultat que l'on espère : quelque chose de robuste, qui se manifeste indépendamment des hypothèses. Cela m'a convaincu que cette spirale est bien réelle. Et d'autres astronomes l'ont confirmée dans leurs propres simulations.

On connait déjà beaucoup de comètes à longue période. Est-il possible de visualiser cette spirale à partir de leur distribution dans le Système solaire ?

On peut en effet tracer la position de ces comètes, mais cela ne révélera pas la spirale. Les objets du Nuage d'Oort qui forment cette structure ont des périhélies (1) très lointains, à plusieurs centaines d'unités astronomiques. Ils ne sont donc pas actifs, très peu lumineux et difficiles à détecter. C'est pourquoi la spirale n'apparait pas dans les observations actuelles.

Existe-t-il d'autres moyens d'observer cette structure pour la confirmer ?

Le télescope LSST de l'observatoire Vera Rubin pourrait aider. Il détectera de nombreux objets transneptuniens lointains. Si, un jour, nous avons un échantillon suffisant d'objets dans la région interne du Nuage d'Oort, la spirale devrait devenir évidente. Une autre méthode consisterait à mesurer l'émission thermique de la poussière présente dans cette spirale. Mais cela pose deux problèmes. D'une part, sur Terre, nous sommes à l'intérieur de la spirale ; c'est un mauvais point de vue pour en percevoir la forme globale, un peu comme lorsqu'on essaie de voir la spirale de notre propre galaxie. D'autre part, il faut distinguer cette émission thermique de celles issues d'autres sources, comme la Ceinture de Kuiper ou la lumière zodiacale [disque de poussières présentes dans le plan des planètes et qui reflètent la lumière solaire, NDLR]. Ce n'est pas simple.

Vos simulations permettent-elles aussi d'étudier la partie externe du Nuage d'Oort ?

Oui, elles prédisent également la structure du nuage externe. Au-delà de 10 000 UA, le nuage devrait être grossièrement sphérique. Cela, en revanche, est déjà bien connu.

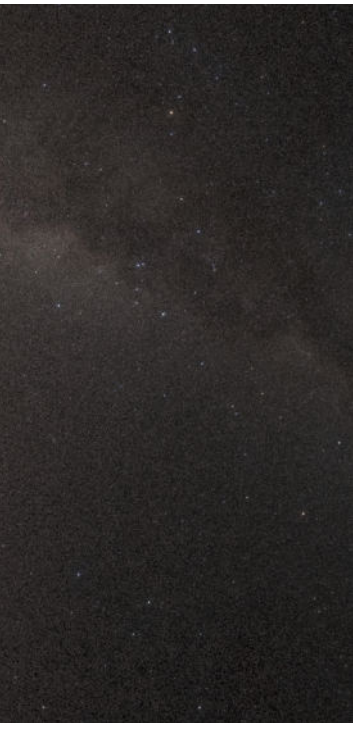
Quels types de données avez-vous utilisées pour vos simulations ?

Je me suis servi des observations de comètes à courte et à longue période, d'astéroïdes centaures [qui gravitent entre Jupiter et Neptune, NDLR] et d'objets de la Ceinture de Kuiper. Toutes ces données ont été corrigées des biais de mesure. C'est grâce à cela que nous avons confiance dans la validité de notre modèle, même si la spirale n'a pas encore été vue de façon directe. Nous construisons les modèles théoriques en cohérence avec ce que nous observons, puis nous les extrapolons pour prédire des structures encore invisibles… du moins pour l'instant.

Pensez-vous que ce genre de structure soit courant dans d'autres systèmes planétaires ?

En effet, cela devrait être assez commun, mais certaines conditions doivent être réunies. D'abord, il faut que des planètes géantes se forment et dispersent les petits corps. On estime qu'environ une étoile sur dix possède des planètes de type Jupiter éloignées. Ensuite, le plan de ces planètes doit être suffisamment incliné par rapport au plan galactique. C'est un effet purement géométrique et, étant donné que l'orientation des systèmes planétaires est aléatoire, environ la moitié devraient remplir cette condition. Je dirais donc qu'au moins une étoile sur vingt devrait posséder une spirale similaire. Il pourrait d'ailleurs être plus facile de détecter ces spirales autour d'étoiles proches, en observant l'émission thermique de leur poussière.

(1) Point de l'orbite le plus proche du Soleil.



À gauche, une vue d'artiste montre l'aspect global du Nuage d'Oort en forme de coquille à l'extérieur et de disque vers l'intérieur (les échelles de distance ne sont pas respectées). C'est au niveau de cette dernière partie qu'une structure spirale a été découverte par simulation (ci-contre).

© Nasa et Planétarium

DÉPARTEMENT DES ALPES-MARITIMES | 06

GREEN Deal 06

ASTRO VALBERG

PARTEZ À LA DÉCOUVERTE DES ÉTOILES !

22 AU 24 AOÛT 2025
DE 10H À MINUIT

STANDS ET ATELIERS

ANIMATIONS ET CONFÉRENCES

PLANÉTARIUMS

SPECTACLES

RANDONNÉES NOCTURNES

OBSERVATIONS DU CIEL ÉTOILÉ

Généré par l'IA

PARTENAIRES OFFICIELS :

Valberg
The place to be

PROVENCE SCIENCES TECHNOLOGIES JEUNESSE

PARTICIPANTS :

Parc national du Mercantour

Alpes d'azur

SAF SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

LABELS :

Famille Plus

Centenaire Camille Flammarion 1842-1925

Entrée libre pour tous !

Infos et réservations
www.astrofestival06.fr
@AlpesMaritimes @departement06
@Département des Alpes-Maritimes

UN ÉVÉNEMENT ORGANISÉ POUR VOUS AVANT TOUT !
PAR LE DÉPARTEMENT DES ALPES-MARITIMES

À TOULOUSE, L'OBSERVATOIRE JOCELYN BELL S'OUVRE AUX ÉTOILES

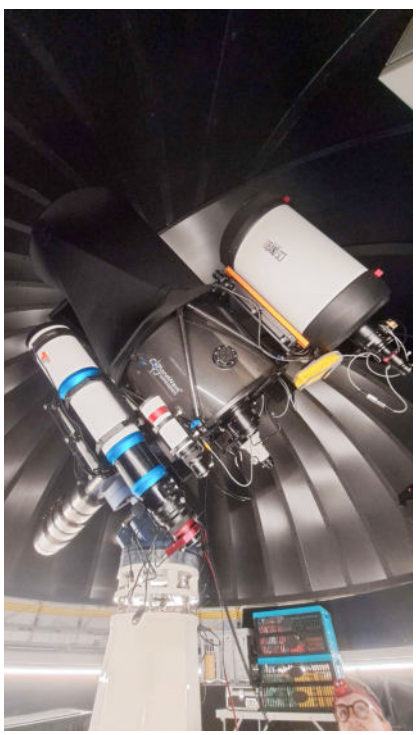
Grâce à l'association UPS in space, une coupole est apparue à l'université Paul Sabatier. Un nouvel observatoire baptisé en l'honneur de la découvreuse des pulsars.

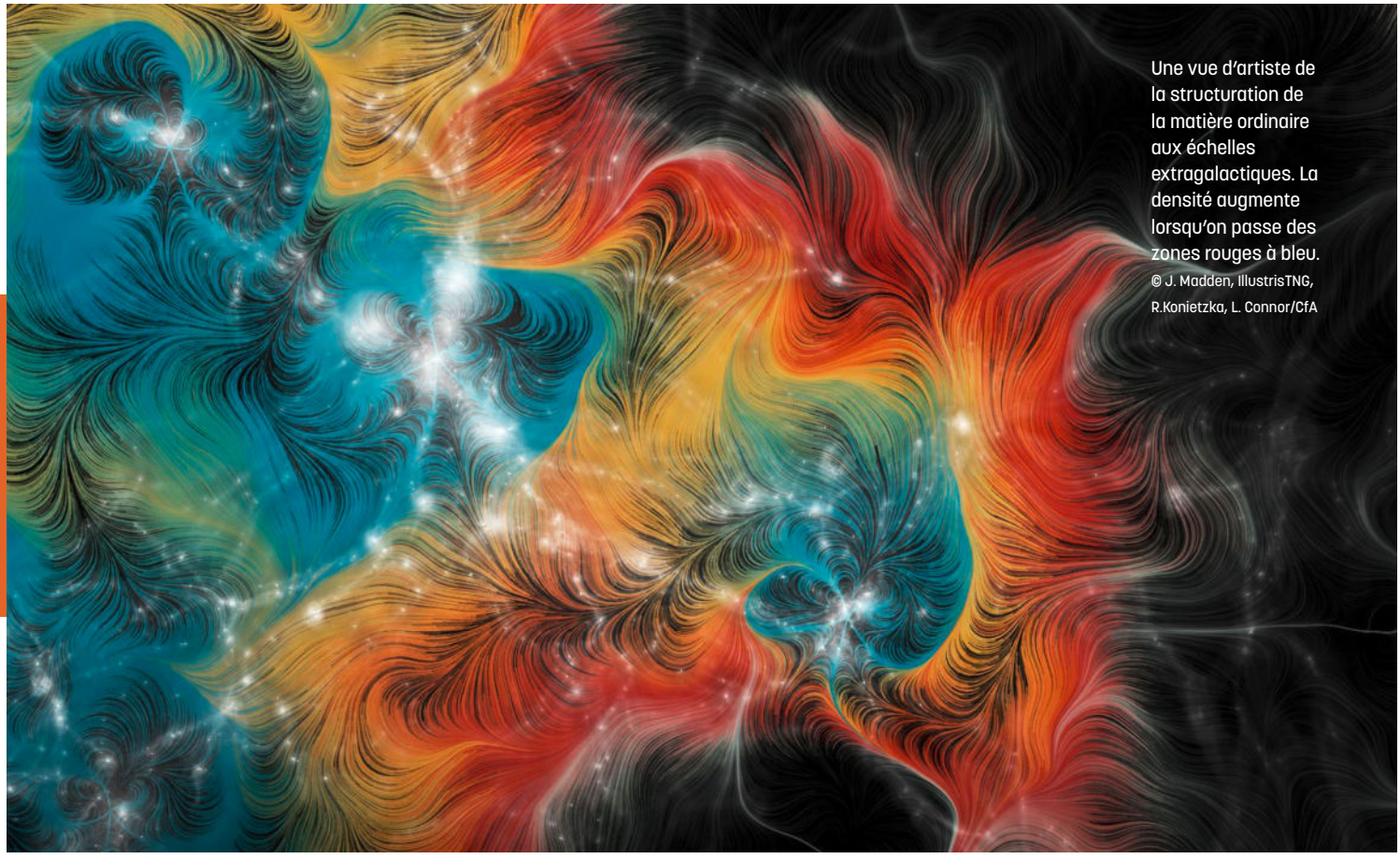
Guillaume Langin

Les premiers rayons lumineux pénètrent déjà dans sa coupole. En février 2025, dix ans après avoir lancé leur projet d'observatoire, c'est avec une certaine émotion que les membres de l'association UPS in space ont pu contempler les cratères de la Lune, Jupiter et la nébuleuse d'Orion. Au cœur de l'université Paul Sabatier, la coupole de 2 m est juchée sur le toit de la Maison des étudiants et des personnels, la « mèp » comme on l'appelle ici. *« C'est aussi là que nous avons installé notre poste de contrôle, juste en dessous des instruments »*, décrit Daniel Chrétien, qui participe au projet depuis 2018. Après vérification qu'il n'existait pas déjà un observatoire homonyme dans le monde, c'est en l'honneur de Jocelyn Bell qu'UPS in space a choisi de baptiser son installation, poussée par l'envie de mettre un coup de projecteur sur une femme astronome. Contactée, la célèbre astrophysicienne a accueilli l'initiative avec enthousiasme. *« La découverte de son premier pulsar* [un vestige ultradense d'étoile défunte, NDLR] *remonte à ses années étudiantes, et elle œuvre aujourd'hui beaucoup pour l'accès aux études »*, commente Daniel Chrétien. À 81 ans, la Britannique est attendue en décembre pour l'inauguration officielle des lieux.

D'ici là, la monture de l'observatoire tourne déjà. Bien que portés par des étudiants, les lieux ont des allures d'observatoire professionnel. Le dôme abrite un télescope de 50 cm de diamètre. Sur la même monture, un télescope solaire l'accompagne, ainsi qu'une lunette grand champ. Ces installations, UPS in space les destinent aux étudiants et aux étudiantes, aux groupes scolaires, au grand public… mais aussi aux scientifiques. *« Nous avons tenu à ce qu'il soit aussi un observatoire scientifique. Les astronomes de l'observatoire Midi-Pyrénées sont ravis »*, se félicite Daniel Chrétien. L'équipe met en place les logiciels pour prendre le contrôle des instruments à distance. Outre-Manche, Jocelyn Bell en personne pourrait même prendre les rênes de l'observatoire éponyme !

L'université Paul Sabatier de Toulouse dispose d'un observatoire flambant neuf, qui doit être inauguré fin 2025. DR





Une vue d'artiste de la structuration de la matière ordinaire aux échelles extragalactiques. La densité augmente lorsqu'on passe des zones rouges à bleu.
© J. Madden, IllustrisTNG, R.Konietzka, L. Connor/CfA

ON A RETROUVÉ LA MATIÈRE ORDINAIRE MANQUANTE

Sous quelles formes la matière ordinaire créée au moment du big bang est-elle présente dans l'Univers aujourd'hui ? En apportant une ultime pièce au puzzle, une équipe américaine vient de répondre à une interrogation de près de trente ans.

David Fossé

La tenace « énigme des baryons manquants » est-elle enfin résolue ? C'est ce que pensent Liam Connor et ses collègues du Caltech et du centre d'astrophysique de Cambridge. Sur la foi d'observations menées entre 2022 et 2024 avec le Deep Synoptic Array-110, un interféromètre radio situé en Californie, cette équipe avance avoir découvert où se cachait la majorité de ces particules qui constituent la matière ordinaire (à distinguer de la matière noire, de nature inconnue). Celle-ci serait répartie sous forme de gaz ionisé dans de vastes filaments intergalactiques. Des filaments prédits par les simulations qui modélisent l'évolution cosmique, mais dont on n'avait que peu d'indices jusqu'à récemment.

Voilà bientôt trente ans que l'on tente de comprendre pourquoi il y a apparemment moins de baryons dans l'Univers actuel qu'il n'y en avait au moment du big bang. Les

étoiles, les planètes et le gaz des galaxies, qui sont les formes les plus évidentes de cette matière ordinaire, ne comptent que pour 5 à 15 % du total créé au début de l'Univers. Le gaz des halos de galaxies, à peu près autant. Si les scientifiques accumulaient depuis plusieurs années le reste des pièces du puzzle, il a fallu que Connor et ses collègues s'appuient sur une méthode novatrice pour poser la toute dernière.

Flashes radio d'origine extragalactique

Sa particularité ? Elle tire parti des sursauts radio rapides qui crépitent dans l'Univers. Les FRB (pour *fast radio bursts*) sont des flashes radio de quelques millisecondes d'origine extragalactique, parfois très lointains, découverts en 2007. Si leur origine exacte reste débattue (naissance d'un trou noir, collision d'étoiles à neutrons ?), ils sont entrés depuis quelques années dans la boite à outils pour sonder le cosmos, qu'il s'agisse par exemple de mesurer son taux d'expansion ou de tester la nature de l'énergie sombre. *« Récemment, la dispersion des FRB extragalactiques a été utilisée pour mesurer le contenu en baryons de l'Univers »*, expliquent les chercheurs dans leur article[1]. C'est précisément en mesurant cette fameuse « dispersion » pour des sursauts particulièrement lointains — jusqu'à un milliard d'années-lumière, un record pour les FRB — qu'ils ont compris où se trouvaient les baryons manquants.

© Deep Synoptic Array-110

« Quand un signal de FRB traverse un plasma froid [un gaz où les noyaux des atomes et les électrons évoluent librement, NDLR], *il se produit un décalage temporel entre ses différentes fréquences »*, expliquent les chercheurs chinois Yang, Wu et Wang dans un travail récent[2]. Cette dispersion sur le temps d'arrivée du signal dépend directement de la quantité d'électrons présents sur la ligne de visée. C'est cette propriété qui rend les FRB précieux pour sonder l'Univers[3]. Mais encore faut-il en observer suffisamment, et suffisamment loin ! Car, dans une direction donnée, comment savoir quelle proportion de la fameuse « dispersion » est due à notre galaxie et à son halo, à celui de la galaxie d'où est émis le signal, ou bien au milieu intergalactique ? Et d'ailleurs, dans ce très vaste espace, comment distinguer entre un unique nuage d'électrons et plusieurs, plus petits, mais plus denses ? C'est précisément ce que l'équipe de Liam Connor est parvenue à faire, en analysant plusieurs dizaines de FRB. Non seulement ils confirment ce que l'on savait déjà, à savoir que l'essentiel de la matière ordinaire de l'Univers se trouve sous la forme de gaz intergalactique diffus, loin des galaxies et de leur halo, mais ils parviennent en plus à dire comment elle est structurée : en filaments, comme prédit par les simulations et comme on l'a déjà observé à de très rares occasions (pour le gaz chaud).

Plus de problème de tension ?

Le fait que l'essentiel de la matière ordinaire se trouve sous forme de gaz ionisé loin des galaxies (et des amas de galaxies) peut étonner. En effet, soumise à la gravitation, la matière a tendance à se concentrer. C'est ainsi que les galaxies se forment dans les zones où s'accumule la matière noire (de nature inconnue, mais si abondante que son effet gravitationnel est dominant). *« Nos résultats impliquent l'existence d'un mécanisme capable d'expulser les baryons des halos de galaxies pour enrichir le milieu intergalactique »*, affirme l'équipe pour expliquer le hiatus. L'expulsion de matière loin des galaxies pourrait aussi résoudre l'un des problèmes actuels de la cosmologie, connu sous le nom cryptique de « tension S8. » Dans le modèle cosmologique actuel, le paramètre S8 représente le taux d'agglomération de la matière dans l'Univers. Or, fait bizarre, la valeur de S8 dans l'Univers actuel ne correspond pas à celle que l'on peut déduire de la carte du rayonnement cosmologique (la première lumière du cosmos). Elle est plus faible qu'attendu. Si la matière est effectivement expulsée des galaxies et des amas de galaxies où elle se concentre, pour se diluer dans l'Univers, l'explication est toute trouvée.

(1) Publié en ligne le 16 juin 2025 par la revue britannique *Nature Astronomy*.

(2) *The Astrophysical Journal Letters*, 1er décembre 2022.

(3) Autre propriété précieuse, leur brièveté, qui permet des mesures plus précises.

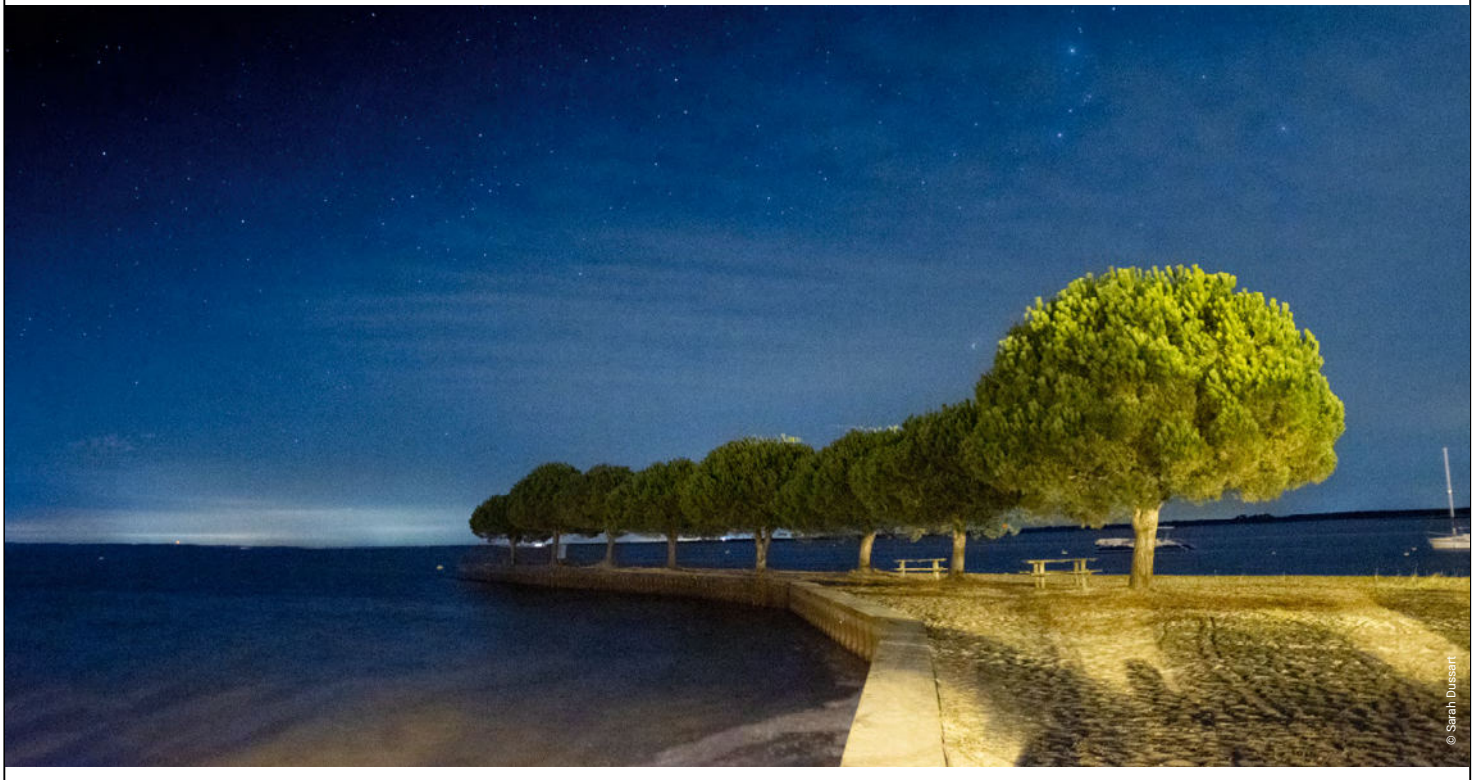
Le chronométrage de sursauts radio de quelques millisecondes permet de sonder la matière à grande échelle

Association française d'Astronomie

CARCANS 2025

Les rencontres photographiques du ciel 11e édition

Du 17 au 21 septembre



L'AFA organise le rassemblement des passionnés de la photographie du ciel ! L'occasion de partager vos expériences et techniques, et de profiter de l'été indien pour capturer ce qui vous touche. Plus d'une trentaine d'ateliers vous sont proposés pour débuter ou vous perfectionner, le tout dans un cadre idyllique.

Ce rassemblement se déroule au Village Vacances Les Bruyères
à Carcans-Maubuisson (Gironde)
en pension complète, chambre double : 555 € (465 € accompagnant)
Programme et inscription sur **www.afastronomie.fr**

Une collaboration avec VTF

VTF L'Esprit Vacances

L'HISTOIRE REVISITÉE DE VESTA

Le gros astéroïde présente une structure imprévue, selon une étude récente. C'est l'indice d'une genèse plus tardive que l'ensemble du Système solaire.

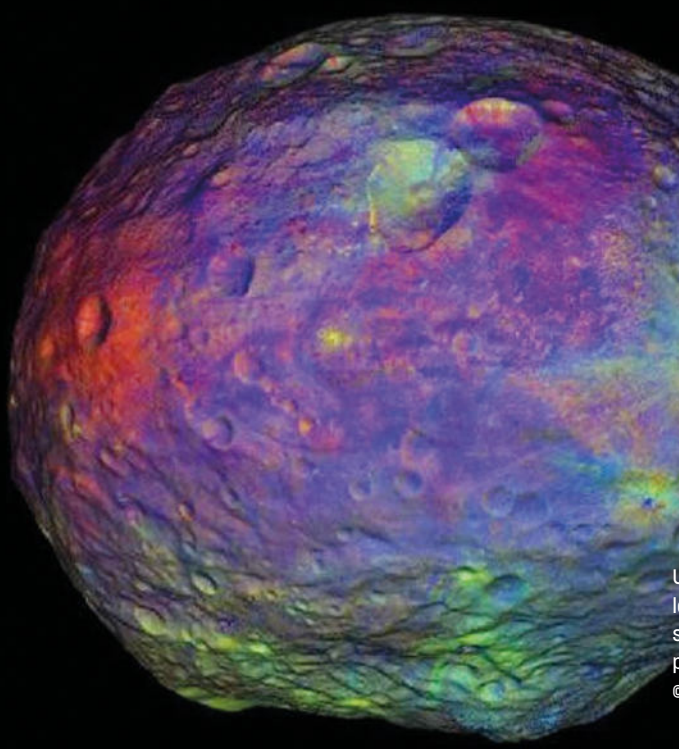
Louis Béranger

Vesta n'est probablement pas l'embryon de planète que l'on croyait. Une équipe franco-américaine a analysé les données de la sonde Dawn, qui est restée un an en orbite autour du gros astéroïde d'environ 500 km de diamètre. Et sa conclusion (1) surprend : Vesta a un noyau plus petit que le suggéraient les travaux précédents, ce qui remet en cause l'histoire de sa formation, et peut-être son statut jusque-là bien établi de protoplanète.

« On pensait que Vesta était un corps complètement différencié », explique Nicolas Rambaux, chercheur à l'observatoire de Paris, qui a participé à l'étude. Ce processus de différenciation a lieu pendant la formation de l'astre. Au cours de cette phase, la chaleur due à la radioactivité naturelle est telle que les roches sont visqueuses. La gravité entraine alors les éléments lourds, comme le fer, vers le centre de l'astre, tandis que les plus légers, comme les silicates, restent en surface. Le phénomène produit ainsi un noyau dense entouré de couches géologiques à la composition variée, une fois l'astre refroidi. Pourtant, sur Vesta, *« on ne trouve pas des couches complètement différenciées. Et le rayon du noyau est moitié plus faible qu'attendu : de l'ordre de 40 km, au lieu de 110 km »*, précise Nicolas Rambaux.

Deux scénarios sont avancés pour expliquer cette différenciation inachevée. Selon le premier, Vesta serait apparu entre 1,15 et 1,5 million d'années après le début de la formation du Système solaire, il y a 4,5 milliards d'années. Cela peut sembler peu, mais la création des planètes étant rapide, ce retard est notable. Cette naissance tardive aurait privé Vesta de matière et lui aurait donné une radioactivité naturelle plus faible, rendant sa différenciation incomplète. Le second scénario envisage une collision avec un corps massif dont la taille serait comprise entre celles de Mars et de la Terre. Vesta serait alors un morceau reconstitué d'un choc titanesque où, de même, la matière n'aurait pas été assez visqueuse pour produire une différenciation parfaite. Si la première hypothèse est confirmée, cela signifie que *« des corps de la masse de Vesta pouvaient encore se former après le premier million d'années du Système solaire. La seconde, elle implique que des objets plus gros que Vesta se sont créés très vite et qu'il y a eu plus de collisions »*, analyse Nicolas Rambaux. Comprendre Vesta est important aux yeux des astronomes : *« Les corps dans son genre étaient nombreux dans le Système solaire primordial, mais Vesta est le seul dont nous disposons à présent »*, souligne Pierre Vernazza, du Laboratoire d'astrophysique de Marseille. Pour le moment, aucun des deux scénarios n'est favorisé.

(1) Publiée dans *Nature Astronomy* en avril 2025.



Un traitement en fausses couleurs révèle les différences de composition du sol sur Vesta, notamment le matériau excavé par les impacts (en rouge orangé).
© Nasa/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA/PSI

Andreas Mogensen

Nouveau directeur du corps des astronautes de l'ESA, au Centre européen des astronautes (EAC), à Cologne

« UN VÉHICULE HABITÉ DÉCOLLANT DE KOUROU ? CE SERAIT MERVEILLEUX ! »

Propos recueillis par Antoine Meunier

Après deux missions dans l'espace, l'astronaute danois accède à de nouvelles fonctions. Depuis le 1er juin 2025, il est le directeur du groupe d'exploration et du corps des astronautes européens.

En quoi consistent vos fonctions ?
Ma première tâche reste de m'assurer que nos missions spatiales humaines réussissent avec le support adéquat. Mais nous essayions petit à petit de nous agrandir afin d'avoir de plus en plus d'activités sur notre site qui ne soient pas uniquement reliées aux astronautes. Ainsi, le projet de vaisseau cargo destiné à l'orbite basse est installé à l'EAC.

Pourrez-vous revoler ?
J'adorerais ! Mais la classe d'astronautes 2022 volera en priorité vers l'ISS avec Sophie Adenot en 2026. Toutefois, si nous obtenons des sièges pour la Lune, ce sera notre promotion [la 2009] qui partira. Je dirai qu'il y a donc une petite possibilité…

L'agence indienne a signé un accord avec l'ESA. Si elle réussit à concevoir son vaisseau Gaganyaan, essayerez-vous de décrocher des places à bord ?
C'est trop tôt pour en parler. Mais si nous avons une coopération fructueuse dans le domaine des vols habités, ce serait fantastique d'avoir un astronaute ESA sur une station indienne.

Après deux séjours dans la station spatiale internationale (ci-contre), Andreas Mogensen pourrait un jour s'envoler pour l'orbite lunaire si le programme Artemis ne prend pas trop de retard. © Nasa

Il y a quelques mois, vous avez eu un violent échange sur « X » avec Elon Musk [1]. Où en sont vos relations ?
Je n'ai pas plus de commentaires à faire. Nous avons eu une dispute sur « X », point. Vous savez, nous avons un partenariat fantastique avec la Nasa qui fait voler nos astronautes sur le Crew Dragon comme je l'ai fait, et nous continuerons de le faire dans le futur.

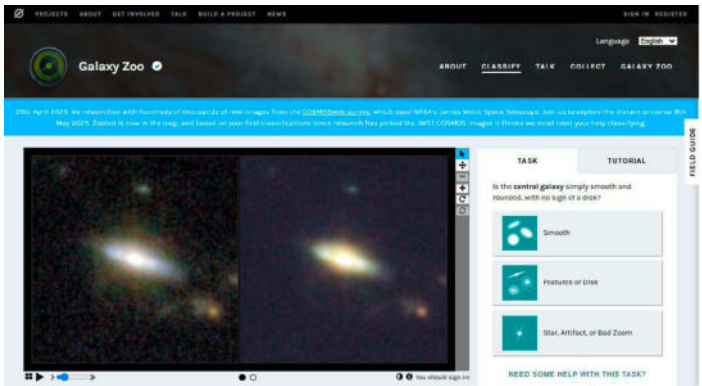
Compte tenu de la situation américaine actuelle, êtes-vous inquiet pour la suite d'Artemis ?
Il y a beaucoup d'incertitudes avec la proposition budgétaire américaine, mais c'est un processus qui va prendre plusieurs mois avec notamment le vote du Congrès. Donc beaucoup de choses peuvent changer…

Si vous aviez une demande à la Commission européenne, quelle serait-elle ?
Investissons ensemble dans les technologies clés pour renforcer l'Europe et la rendre plus autonome…

Comme un véhicule habité décollant depuis Kourou ?
Ce serait merveilleux !

(1) Au sujet des astronautes Sunita Williams et Barry Wilmore, bloqués dans l'ISS. Lire : https://tinyurl.com/5n76rda8

SUR LA TOILE



À partir de votre ordinateur, vous pouvez désormais classer les galaxies photographiées par le JWST.

LES GALAXIES DU JWST REJOIGNENT GALAXY ZOO

Le site zooniverse.org compte aujourd'hui des centaines de projets de science participative grâce auxquels tout internaute peut contribuer à la recherche. « Galaxy Zoo », celui par lequel tout a commencé en 2007, incorpore dorénavant les données de deux sondages du ciel qu'effectue le télescope spatial James Webb. Plus de 500 000 galaxies, lisses ou à disque, avec ou sans spirales, demandent à être classifiées. Vous pouvez y contribuer en répondant à trois questions pour chaque image. Et réaliser ainsi qu'au-delà des spectaculaires clichés colorés du JWST, la science se penche aussi sur des petites taches pixélisées, débusquées aux confins de l'Univers.

www.zooniverse.org/projects/zookeeper/galaxy-zoo

CARNET GRIS

FRED ESPENAK

À travers le monde, il était connu comme « monsieur éclipse ». Fred Espenak s'est éteint le 1er juin à Phoenix (Arizona), à l'âge de 71 ans, après avoir passé sa vie à prévoir, décrire et traquer les éclipses. Il a observé sa première éclipse totale de Soleil le 7 mars 1970 et a consacré sa vie d'astrophysicien du Goddard Space Flight Center de la Nasa à ces phénomènes. En tout, il a assisté à 52 éclipses, dont 31 totales. Le 15 avril 2025, il avait posté sur les réseaux sociaux un message indiquant qu'il entrait en soins palliatifs. Il était atteint d'une fibrose pulmonaire idiopathique trop avancée pour recevoir un traitement. Son ultime message : *« Je souhaite à ceux que je laisse derrière moi encore de nombreuses années d'éclipses claires et d'émerveillement devant le ciel. »*

ÉCOUTEZ
CIEL & ESPACE
en podcast

Un nouvel instrument du VLT mesure la durée du jour sur une exoplanète géante

Quand les astronomes partaient à l'aventure

Découverte des plus grandes molécules organiques jamais vues sur Mars

Retrouvez tous les podcasts abonnés et bien d'autres sur cieletespace.fr

© ONERA

PROVIDENCE

Le 17 juin, Antoine Petit, président du CNRS, et Bruno Sainjon, président de l'Onéra, ont signé un accord pour la réalisation de Providence. Ce télescope dédié à l'astronomie et à la défense spatiale sera le plus grand de France. Sa « première lumière » est prévue en 2029 à l'observatoire de Haute-Provence.

À L'APOGÉE

AU PÉRIGÉE

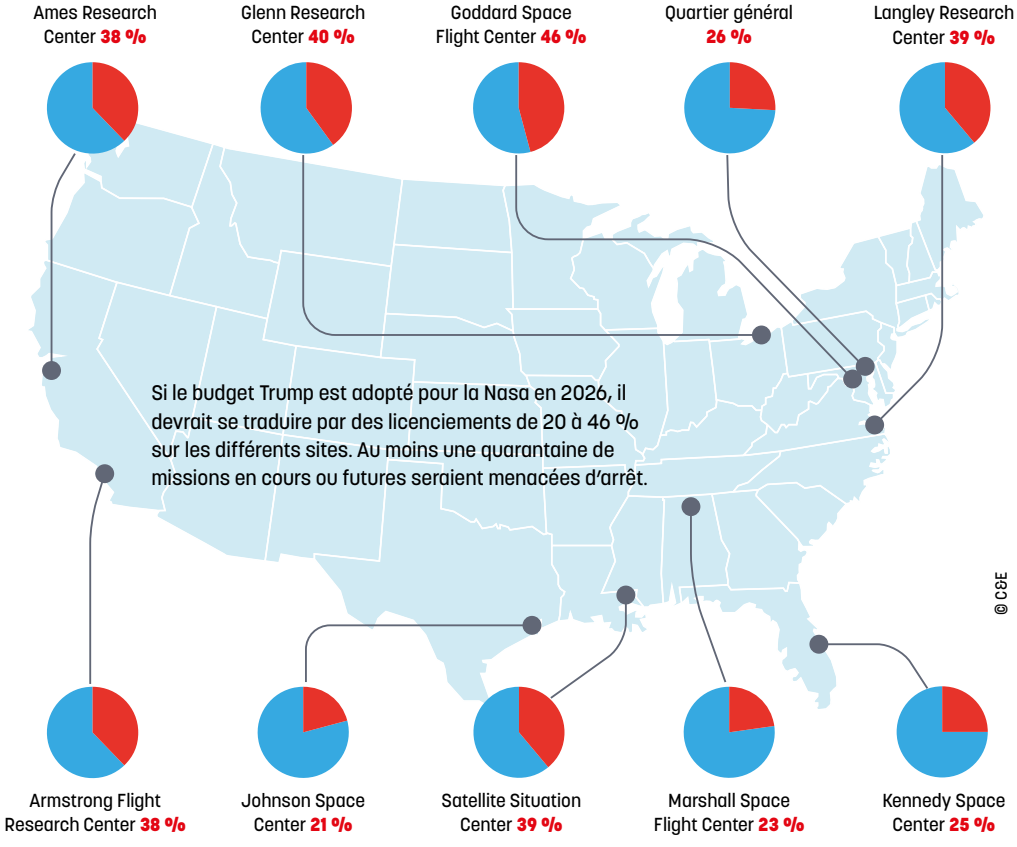
© ISPACE

ISPACE

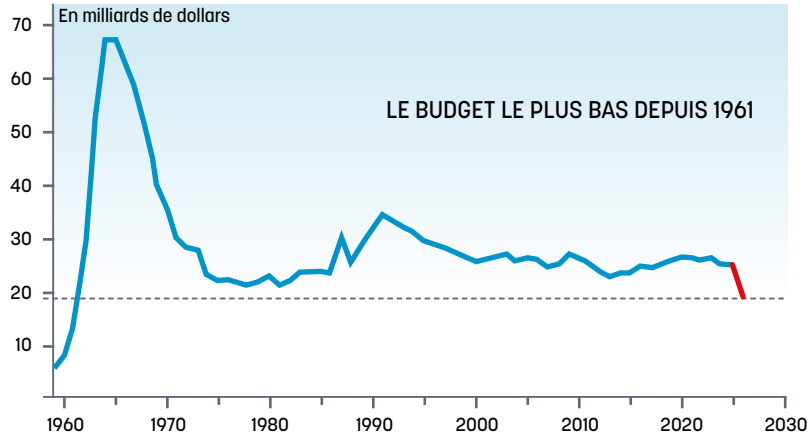
Le 6 juin 2025, moins de 5 heures après avoir ordonné à son atterrisseur Resilience d'entamer sa descente vers la surface lunaire, l'entreprise japonaise ispace a indiqué que l'engin s'y était écrasé. Son moteur principal s'est bien allumé pour freiner, mais des retards dans la télémétrie laser qui mesure la distance au sol lui ont été fatals. La sonde visait la mer du Froid au nord de la Lune. C'est le second échec d'ispace sur la Lune, en autant de tentatives.

DONALD TRUMP SABRE DANS LE BUDGET DE LA NASA

Dans sa proposition de budget de la Nasa pour 2026, la Maison-Blanche a envisagé une baisse globale de 25 % par rapport à 2025. Il s'agit de la coupe la plus importante depuis la création de l'agence spatiale en 1958. Ce budget, encore à valider par le Congrès à l'automne, se traduit par des licenciements massifs dans les différents centres de la Nasa.



Cette courbe montre l'évolution du budget de la Nasa depuis 1958. Si le budget 2026 de Trump est adopté, il sera au plus bas depuis 1961.



ABONNEZ-VOUS

et réalisez jusqu'à 60 % d'économie

Ciel&espace

DÉCOUVREZ TOUTES NOS OFFRES sur
www.cieletespace.fr/abonnement

Relation abonnés : cieletespace@abomarque.fr
ou 05 34 56 35 60 (10 h-12 h / 14 h-17 h)

Bon à retourner, avec son règlement, à Ciel & espace c/o Opper Services, CS 60003, 31242 L'Union Cedex

1. Oui, je m'abonne, j'inscris mes coordonnées

Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

Code postal |_|_|_|_|_| Ville .....

Tél .....

Mail*.....

* Indispensable pour accéder aux podcasts, versions numériques, articles et profiter du Club abonnés après création de votre compte sur www.cieletespace.fr

Je règle ❍ par chèque à l'ordre de *Ciel & espace*

Je scanne ce QR code
pour tout règlement par
carte bancaire

C&E602

2. Je choisis mon offre

OFFRE PAPIER

❑ **1 an**
73 € au lieu de 112,50 €*

❑ **2 ans**
137 € au lieu de 224,40 €*

6 magazines + 2 hors-séries
+ 1 Almanach / an **version papier**

OFFRE PREMIUM**

❑ **1 an**
95 € au lieu de 226,40 €*

❑ **2 ans**
177 € au lieu de 448,80 €*

6 magazines + 2 hors-séries
+ 1 Almanach / an **en versions papier et numérique**

Accès à **tous nos articles web sur cieletespace.fr**

Accès aux podcasts exclusifs
et toutes nos archives podcasts

Club abonnés

Lisible sur pc, tablette et smartphone

Offres valables pour la France métropolitaine. Dom-Tom et autres pays, consultez nos offres sur www.cieletespace.fr/abonnement. Pour le Canada et les USA, contacter : Express Mag (Québec), au 1.800.363.1310 - mail : expsmag@expressmag.com - web : www.expressmag.com

* Valeur prix kiosque, podcasts et web selon l'abonnement.

** En cas d'interruption de l'abonnement, l'accès au magazine numérique ainsi qu'aux archives sera automatiquement suspendu.

RECEVEZ EN CADEAU NOTRE HORS-SÉRIE DÉBUTER EN ASTRONOMIE

Envoyez le coupon ci-contre ou abonnez-vous en ligne avec le **CODE DEBUTER** sur www.cieletespace.fr

En application de l'article 27 de la loi du 06/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont communiquées aux destinataires la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de nos services. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient cédés ultérieurement. Siège social : Ciel & Espace 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris.

UNE HISTOIRE DES IMAGES DU MONDE

d'Hésiode à Stephen Hawking

De l'Antiquité à nos jours, cet ouvrage met en scène l'évolution des idées sur le monde, ses possibles origine, finitude et structure. Il fait sentir les atmosphères propres à chaque période en puisant dans des écrits poétiques, littéraires, religieux, philosophiques ou scientifiques.

Ces œuvres témoignent des différentes conceptions que l'homme a eues de sa place dans l'Univers, de son éventuelle singularité : elles revisitent les traditions, ouvrent de nouvelles perspectives, nourrissent les débats nés de changements de contextes ou de méthodes.

Au cours de son histoire, la construction de l'astronomie n'a jamais suivi un long fleuve tranquille. Laissez-vous entraîner dans les bouillonnements de cette passionnante aventure collective multiséculaire.

LES AUTEURS

Robert Locqueneux est professeur émérite à l'université de Lille. Ses recherches et son enseignement ont porté d'abord sur la chimie quantique, la thermodynamique et la mécanique statistique, ensuite sur l'histoire de la physique. Il a publié de nombreux ouvrages dans ce domaine.

Bernard Maitte est professeur émérite d'histoire et d'épistémologie des sciences à l'université de Lille. Fondateur du Forum des sciences, directeur d'une formation de journalistes scientifiques, il a obtenu de prix Jean Rostand pour La Lumière (Seuil) et le prix Jean Perrin de popularisation de la physique.

Version enrichie d'un index et d'une chronologie.

Offre spéciale

Livre broché
416 pages

Bon à retourner avec son règlement par chèque, à : AFA, 17 rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris

23,20 € l'ex. au lieu de ~~29 €~~
+ frais de port France métropolitaine : 10 €
= 33,20 € l'ex.

Offre valable jusqu'au 31/12/2025

Paiement par carte bancaire, envoi hors France métropolitaine :
commande en ligne sur
https://boutique.afastronomie.fr/l-histoire-monde

Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

Code postal |_|_|_|_|_|

Ville .....

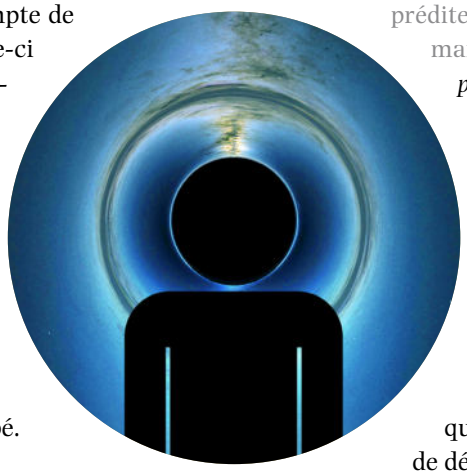
En application de l'article 27 de la loi du 06/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont communiquées aux destinataires la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de nos services. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient cédés ultérieurement. Siège social : AFA 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris.

TRAQUER LES TROUS NOIRS AVEC LE CORPS HUMAIN

Dans la quête de l'insaisissable matière noire, toutes les pistes doivent être explorées. Toutes ? Celle que propose le théoricien américain Robert Scherrer est pour le moins originale…

David Fossé

Et si la matière noire était composée de trous noirs primordiaux, de minuscules objets compacts et massifs formés peu après le big bang ? L'idée n'est pas nouvelle, mais comme les candidats « classiques » pour expliquer la nature de cette matière invisible et omniprésente semblent décidément introuvables, la voilà qui connait un regain d'intérêt. Certes, il y a bien longtemps que les trous noirs de masse stellaire — et plus encore les trous noirs supermassifs — ont été éliminés comme explication à la matière noire. Pour qu'ils puissent rendre compte de l'écrasante domination de celle-ci sur la matière ordinaire, il faudrait que ces trous noirs soient si nombreux qu'on les aurait déjà détectés avec des télescopes. Mais il existe en théorie des spécimens beaucoup plus modestes qui pourraient faire l'affaire. Cent fois plus gros à mille fois plus petits qu'un atome, ils pourraient exister en abondance et nous avoir échappé. Comment s'en assurer ?



Dans l'espoir d'apporter un début de réponse, Robert Scherrer, de l'université Vanderbilt à Nashville (Tennessee), s'est demandé quelle était la masse minimale que devait avoir un tel trou noir primordial pour blesser gravement ou tuer un être humain. Avec cet argument : quand nous aurons calculé cette masse minimale, et puisqu'il est clair que nous n'observons pas de blessure provoquée par les trous noirs, nous pourrons éliminer comme candidat à la matière noire tous les trous noirs primordiaux de masse supérieure ! Tordu ? Le raisonnement de l'astrophysicien est en tout cas amusant à suivre…

Première étape : quelle blessure pourrait infliger un microtrou noir qui traverserait notre corps à très haute vitesse ? Scherrer en retient de deux types. Celles produites par l'onde de choc générée au moment de sa traversée supersonique des tissus humains (à environ 200 km/s, la vitesse typique d'une particule de matière noire), puis celles produites par sa force gravitationnelle, qui pourrait déchirer les cellules et en particulier les neurones, les plus fragiles, selon le chercheur. *« Le rayonnement de Hawking* [produit par l'évaporation des microtrous noirs, prédite par Stephen Hawking en 1974, mais encore jamais observée, NDLR] *pourrait être très destructeur »*, note-t-il. Mais il laisse cette discussion *« pour un travail futur »*.

Tous calculs faits, c'est l'onde de choc produite lors de la traversée de notre corps qui se révèle la plus dangereuse. À partir d'une masse de 100 milliards de tonnes, un microtrou noir (pourtant mille fois plus petit qu'un atome) provoquerait autant de dégâts qu'une balle de fusil. Hélas, il ne peut tirer de conclusion ferme de son savant calcul. En effet, compte tenu de la densité estimée de la matière noire dans l'Univers, elle serait constituée de trop peu de trous noirs de 100 milliards de tonnes pour que l'un d'eux nous traverse un jour ! Il faudrait qu'ils soient beaucoup plus nombreux, et donc individuellement beaucoup moins massifs, pour qu'on en croise un. Ce qui serait d'ailleurs sans conséquence. Et c'est le résultat le plus surprenant de cette petite étude : traversés par un trou noir de 10 milliards de tonnes (la masse d'un petit astéroïde), nous ne nous rendrions compte de rien…

À LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

Entre deux numéros de *Ciel & espace*, les planètes ne s'arrêtent pas de tourner. Voici une sélection des actualités publiées en direct sur le site cieletespace.fr, complément naturel de votre magazine papier.

20 avril

LUCY CROISE DONALDJOHANSON

Le 20 avril, la sonde Lucy a survolé un astéroïde pour la deuxième fois depuis son décollage. Un entrainement avant d'atteindre les Troyens de Jupiter en 2027. Donaldjohanson fait partie des objets binaires formés par collision lente de deux petits corps.
https://tinyurl.com/2x54fz49

22 avril

PHARAO ENFIN LANCÉE

Dix-sept ans après le début du projet, l'horloge atomique Pharao a enfin rejoint la station spatiale internationale. Conçue en France, elle doit tester « l'effet Einstein » avec une précision sans précédent.
https://tinyurl.com/5yvne85j

30 avril

TITAN SANS DELTAS

La rareté des deltas sur Titan intrigue les astronomes. Elle pourrait s'expliquer par le liquide qui ruisselle à sa surface, composé d'hydrocarbures. Un mystère qui devrait s'éclaircir grâce au drone Dragdonfly envoyé en 2034 sur le plus grand satellite de Saturne.
https://tinyurl.com/bdhc3mta

2 mai

SOS ASTRONAUTES

Après la mésaventure survenue à Butch Willmore et Sunita Williams, bloqués dans l'ISS pendant neuf mois en orbite, la question du secours des astronautes sur la Lune se pose. À l'heure actuelle, aucun plan B n'est prévu pour les missions américaines Artemis.
https://tinyurl.com/4kjjxapm

8 mai

LA CHINE VISE CALLISTO

La mission d'exploration Tianwen 4 n'ira pas vers Uranus, après avoir atteint Jupiter. Elle vise désormais la lune jovienne Callisto. Elle y déposera notamment un engin de 1 tonne. Décollage prévu pas avant 2029.
https://tinyurl.com/zy9sds83

12 mai

VANGUARD 1 À RÉCUPÉRER ?

Vanguard 1 est le plus vieil artefact de l'espace. Il est en orbite depuis 67 ans et pourrait être rapporté sur Terre et conservé comme patrimoine spatial. L'idée de l'exposer dans un musée séduit déjà.
https://tinyurl.com/4banzccn

Le parc naturel du Morvan, nouvelle réserve de ciel étoilé d'où voir la Voie lactée est un régal. © A. Vé

20 mai

PERSEVERANCE ASTRONOME AMATEUR

Le 1er mars 2025, la caméra de Perseverance a photographié Deimos, le plus petit satellite de Mars, ainsi que deux étoiles brillantes : Régulus et Algieba. Il est désormais membre du club encore assez fermé des rovers martiens astronomes amateurs.
https://tinyurl.com/bdzz2xez

20 mai

SOUPÇON DE NEUVIÈME PLANÈTE

A-t-on vraiment observé la « planète 9 » ? Une équipe américaine annonce avoir déniché cette planète hypothétique du Système solaire dans les archives de satellites infrarouges Iras et Akari. Mais la prudence est de rigueur…
https://tinyurl.com/37j8ky55

21 mai

LE MORVAN LABELLISÉ

Le parc naturel du Morvan vient de recevoir le label de Réserve internationale de ciel étoilé, attribué par l'association International Dark-Sky. Il devient le septième sanctuaire de ciel noir en France.
https://tinyurl.com/2fkzbcdw

22 mai

VOYAGER 1 SAUVÉE

Manœuvre audacieuse, mais réussie ! Pour contrer la dérive de Voyager 1, la plus lointaine sonde encore en fonctionnement, dont ils risquaient de perdre le contrôle, les ingénieurs de la Nasa ont rallumé des propulseurs qui étaient éteints depuis vingt ans.
https://tinyurl.com/3xcmzkmx

La sonde Voyager 1 est distante aujourd'hui de presque 1 jour-lumière. Elle a réussi à réorienter son antenne vers la Terre grâce à une manœuvre risquée. © Nasa/JPL-Caltech

28 mai

STARSHIP ÉCHOUE ENCORE

Échec pour Starship lors de son 9e vol. Le lanceur lourd de Space X s'est désagrégé dans l'atmosphère. Il y a du mieux cependant, puisqu'il n'a pas explosé pendant sa phase d'ascension. Le booster, quant à lui, a donné satisfaction après sa première réutilisation.
https://tinyurl.com/39vxmkmc

30 mai

BIOMASS À PIED D'ŒUVRE

L'Agence spatiale européenne a lancé le satellite Biomass. Objectif : quantifier le carbone stocké dans les forêts du globe. Il observe désormais la Terre depuis son orbite héliosynchrone, inclinée de 98°, à 670 km d'altitude.
https://tinyurl.com/c43shw2x

29 mai

TIANWEN 2 CHASSE UN FRAGMENT DE LUNE

La mission Tianwen 2 décolle à la rencontre d'un astéroïde géocroiseur. Une cible passionnante, puisqu'elle pourrait contenir des fragments de Lune. La sonde chinoise doit en rapporter des échantillons.
https://tinyurl.com/r5t9un6p

2 juin

JARED ISAACMAN ÉCARTÉ

Finalement, Jared Isaacman ne sera pas le prochain administrateur de la Nasa, a décidé Donald Trump. Deux raisons possibles ont poussé le président américain à changer d'avis : l'affinité d'Isaacman avec les anciens élus démocrates, ou sa proximité à Elon Musk.
https://tinyurl.com/jbna3jcj

5 juin

TROUBLE-FÊTE

La découverte d'une lointaine planète naine sur une orbite très elliptique autour du Soleil vient perturber l'hypothèse d'une neuvième planète. Avec ses 700 km de diamètre, 2017 OF201 ne devrait être là s'il existe un astre massif au-delà de Neptune.
https://tinyurl.com/t5aknv2b

13 juin

PÔLE SUD EN BROUSSAILLE

Le satellite Solar Orbiter, en s'écartant sensiblement de l'écliptique, a photographié pour la première fois le pôle Sud du Soleil. Du fait d'une période de grande activité, on n'y voit rien de notable, si ce n'est un champ magnétique « en broussaille ».
https://tinyurl.com/39jr5du6

17 juin

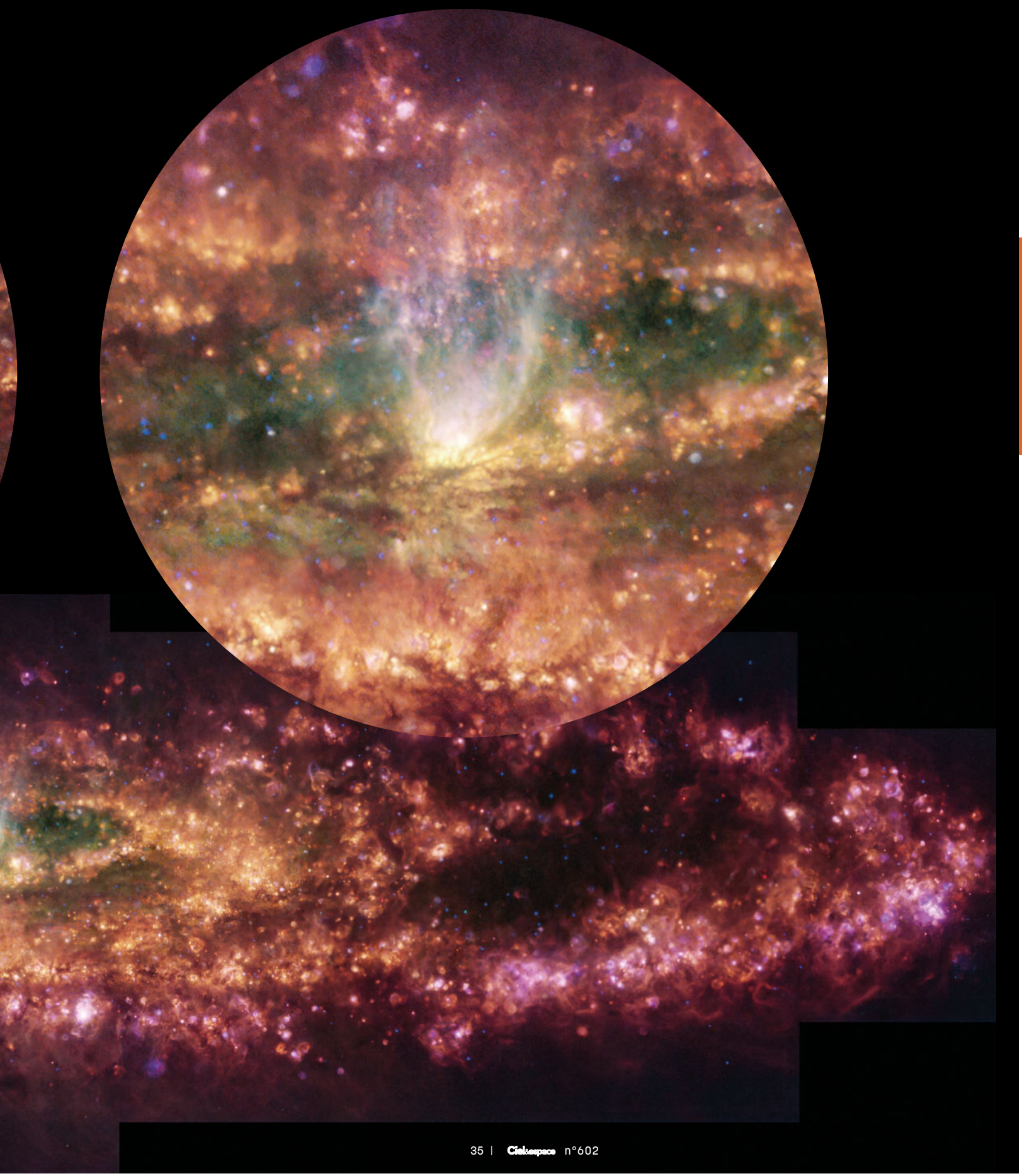
À L'INTÉRIEUR DE NYX

La société privée The Exploration Compagny a dévoilé au Salon du Bourget l'intérieur de sa future capsule Nyx en version habitée. Celle-ci pourrait succéder à un cargo commandé par l'ESA et permettre à terme l'envoi d'astronautes européens dans l'espace.
https://tinyurl.com/hr3as6wj

Scannez ce code pour retrouver les articles complets sur cieletespace.fr

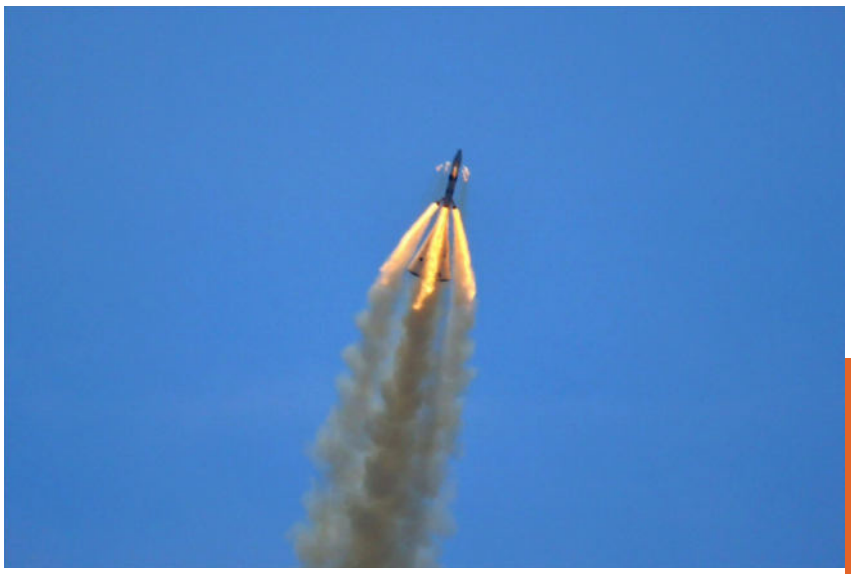
MUSE ÉLOIGNE LE SCULPTEUR

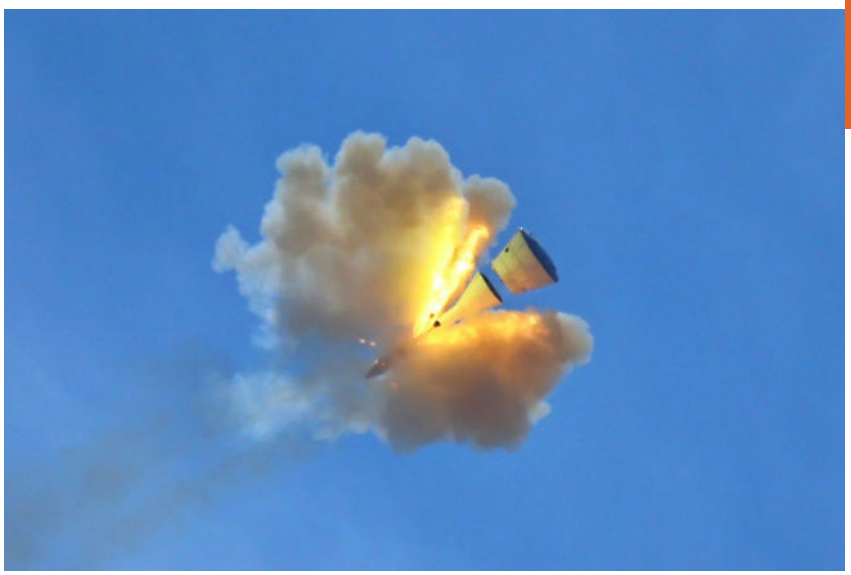
Le Very Large Telescope européen a revisité la galaxie du Sculpteur avec son instrument Muse pour scruter ses nébuleuses planétaires visibles sous forme de petites régions bleues. L'étude de 571 de ces étoiles mortes montre que la distance de la galaxie est de 13,4 millions d'années-lumière. C'est 2 millions de plus que les précédentes estimations. Pour obtenir cette image, Muse a observé plus de 53 heures, réalisé 9 millions de spectres et pointé 103 champs. Ici, seule la lumière des nébuleuses a été sélectionnée, d'où l'absence d'étoiles. © ESO/E. Congiu et al.



L'INVISIBLE D'UN AMAS DE GALAXIES

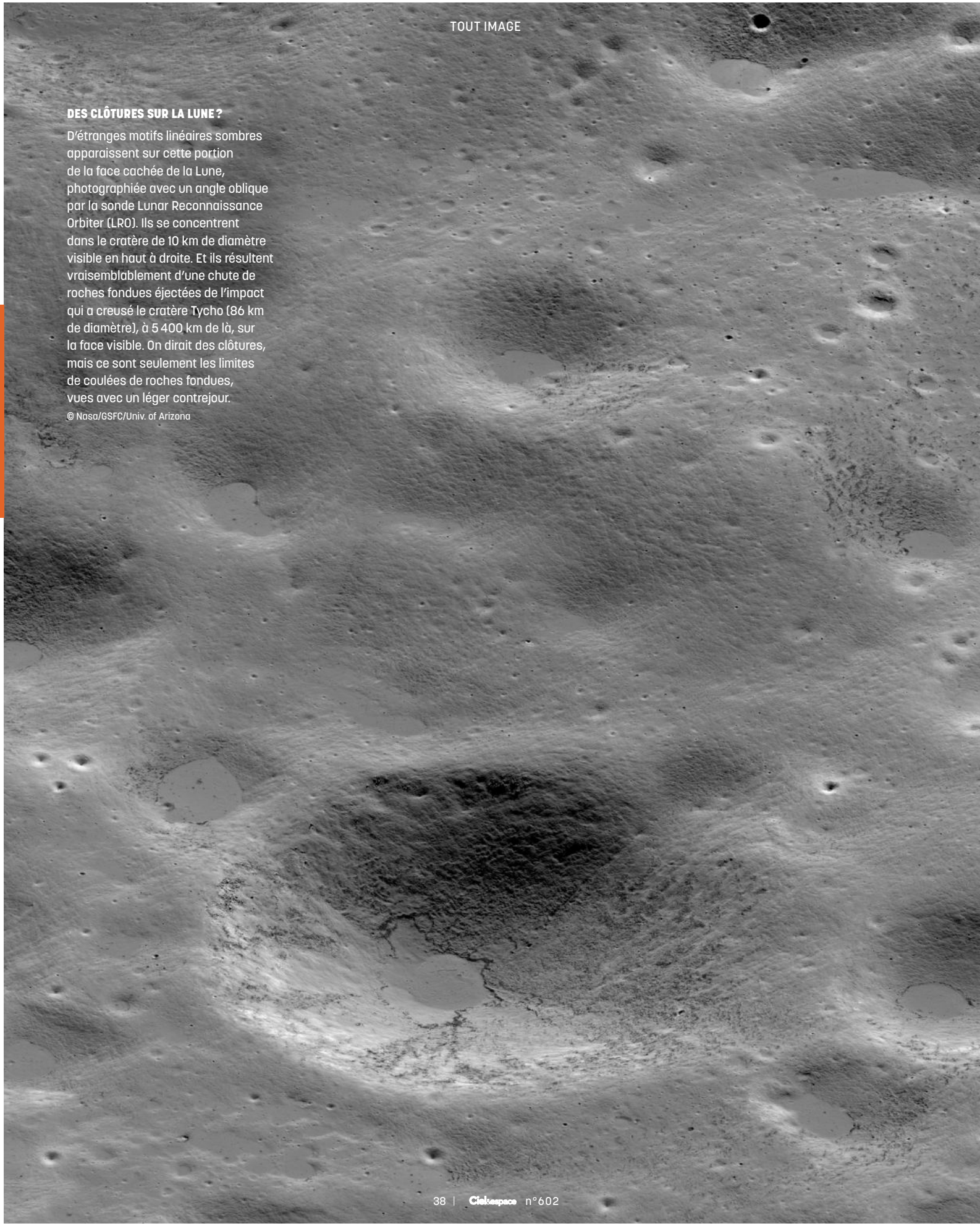
Les galaxies ne sont pas les seules composantes d'un amas de galaxies. De grandes quantités de gaz très chaud englobent généralement le tout. C'est ce que montre cette image, habile composition d'un cliché du télescope James Webb (infrarouge), d'une photo du télescope Hubble (visible) et de données des satellites XMM-Newton et Chandra, sensibles aux rayons X. Le halo violet, qui correspond au gaz chaud de cet amas lointain, n'est décelable qu'en rayons X. © ESA/Webb, Nasa & CSA





ESSAI RÉUSSI POUR MENGZHOU

La Chine se rapproche de la Lune (lire aussi p. 74). Le 17 juin, elle a réussi le test d'abandon de mission de son nouveau vaisseau Mengzhou, qui doit emporter trois astronautes autour de la Lune. La tour d'éjection a arraché la capsule à son aire de lancement (en haut), puis s'en est séparée (au milieu). Le vaisseau a atterri en douceur sous trois parachutes. Ce genre de test est indispensable pour assurer la sécurité de l'équipage lors du décollage. © CMSA



DES CLÔTURES SUR LA LUNE ?

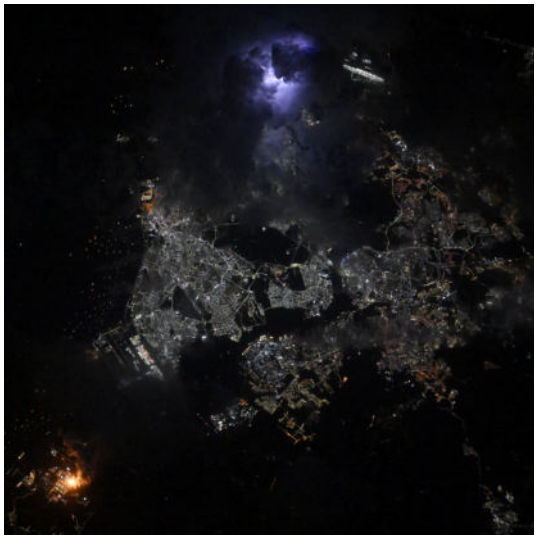
D'étranges motifs linéaires sombres apparaissent sur cette portion de la face cachée de la Lune, photographiée avec un angle oblique par la sonde Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO). Ils se concentrent dans le cratère de 10 km de diamètre visible en haut à droite. Et ils résultent vraisemblablement d'une chute de roches fondues éjectées de l'impact qui a creusé le cratère Tycho (86 km de diamètre), à 5 400 km de là, sur la face visible. On dirait des clôtures, mais ce sont seulement les limites de coulées de roches fondues, vues avec un léger contrejour.

© Nasa/GSFC/Univ. of Arizona

AU PLUS PRÈS DU BOUILLONNEMENT SOLAIRE

Cette image est la plus fine jamais acquise de la chromosphère, la couche gazeuse du Soleil située juste au-dessus de sa surface lumineuse. Elle a été obtenue depuis l'observatoire californien de Big Bear, grâce au télescope Goode, de 1,6 m de diamètre, doté d'une nouvelle optique adaptative. Une vidéo de 4 min permet de voir les mouvements du plasma le long des lignes de champ magnétique : https://tinyurl.com/yc4phb22

© Schmidt et al./NJIT/NSO/AURA/NSF

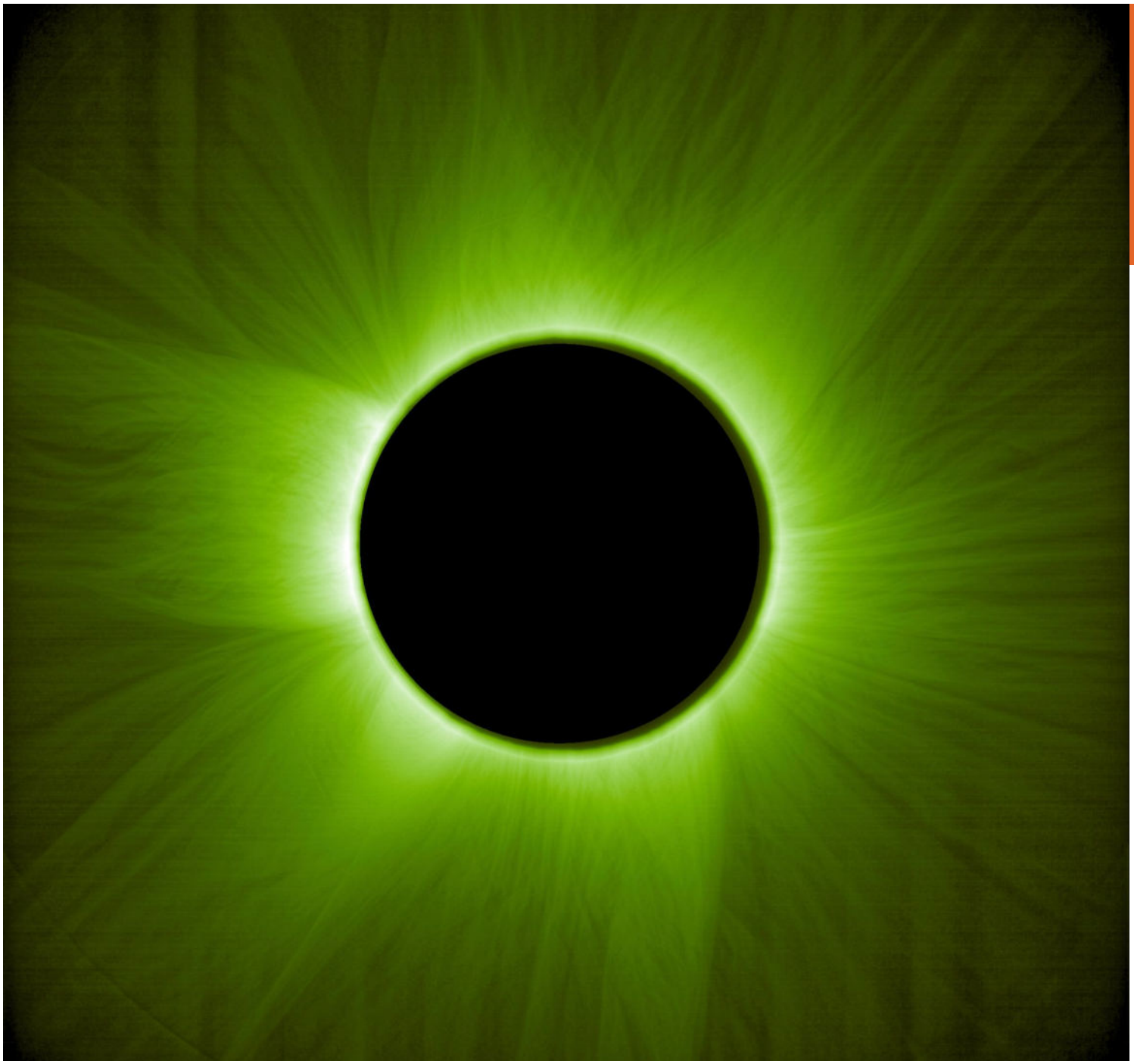


COUP DE FOUDRE À SINGAPOUR

Ces trois photos montrent un éclair pile au-dessus de Singapour, tandis que la station spatiale internationale survolait la ville de nuit à 420 km d'altitude. Moins de 3 centièmes de seconde séparent la première et la troisième ! Elles ont été partagées en juin par l'astronaute américaine Nicole Ayers. © Nasa

ÉCLIPSE ARTIFICIELLE

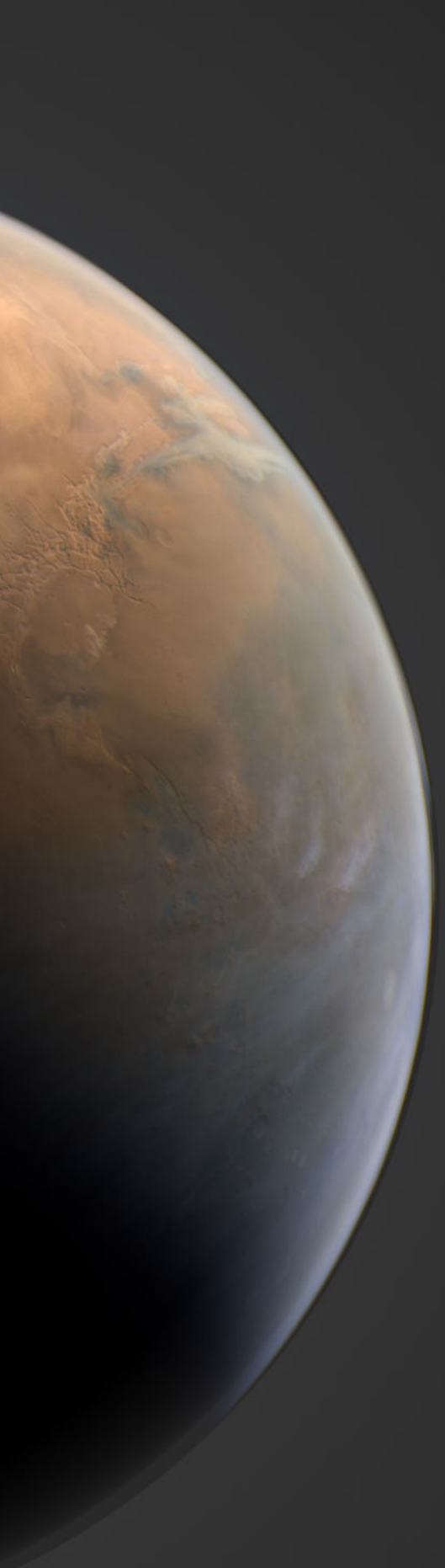
Les contours de la Lune vous semblent trop lisses sur cette photo d'éclipse de Soleil ? C'est normal. L'éclipse a été produite artificiellement par les deux satellites de la mission européenne Proba 3, qui volent en formation à 150 m l'un de l'autre. Tandis que le premier, de forme sphérique, bloque la lumière du Soleil, le second photographie notre étoile. L'image montre l'étendue de la couronne solaire, couche la plus externe de son atmosphère qui se déploie dans l'espace sur des millions de kilomètres. © ESA/Proba 3/ASPIICS



MARS

PORTRAIT D'UNE PLANÈTE HABITABLE

Curiosity et Perseverance sur la piste d'une vie passée



Les preuves s'accumulent ; Mars était autrefois habitable. Grâce aux rovers Curiosity et Perseverance, les scientifiques disposent aujourd'hui d'assez d'éléments pour affirmer que sa surface offrait voici plus de 3,5 milliards d'années des conditions propices à l'apparition et, peut-être, au développement de la vie. Les découvertes récentes réalisées par les deux robots qui explorent depuis des années les étendues arides de cette planète voisine ont changé en certitude cette idée qui court dans la tête des astronomes depuis que la sonde Mariner 9 a photographié en 1972 ce qui semblait être les lits d'anciens fleuves. La question est donc désormais de savoir si cette habitabilité passée s'est traduite par l'émergence effective d'une forme de vie. Pour cela, une nouvelle enquête commence : celle qui consiste à comprendre quand exactement a débuté cette période et combien de temps elle a duré. Là-dessus, les avis divergent. La réponse pourrait être détenue dans les échantillons collectés par Perseverance et qui attendent d'être, un jour, apportés sur Terre par une mission future.

La planète Mars, vue ici par la sonde Hope, possède des volcans, d'anciens fleuves, et une atmosphère résiduelle. Autant d'éléments qui suggèrent que, dans le passé, elle a pu abriter des conditions favorables à la vie. Mais la vie est-elle pour autant apparue ?
© UAESA/MBRSC/LASP/EMM-EXI/Thomas Appéré

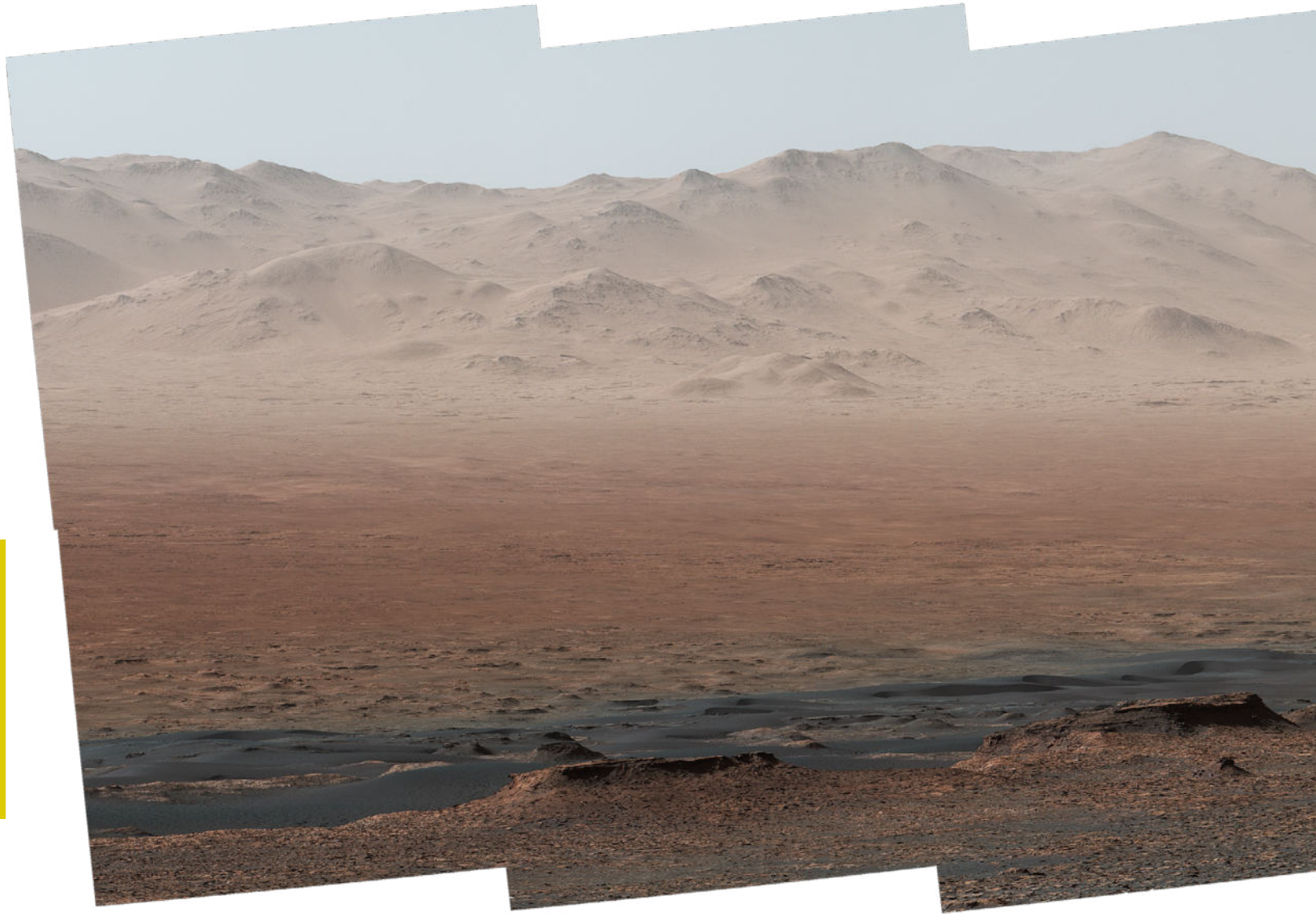
DES INDICES GRAVÉS DANS LE DÉSERT

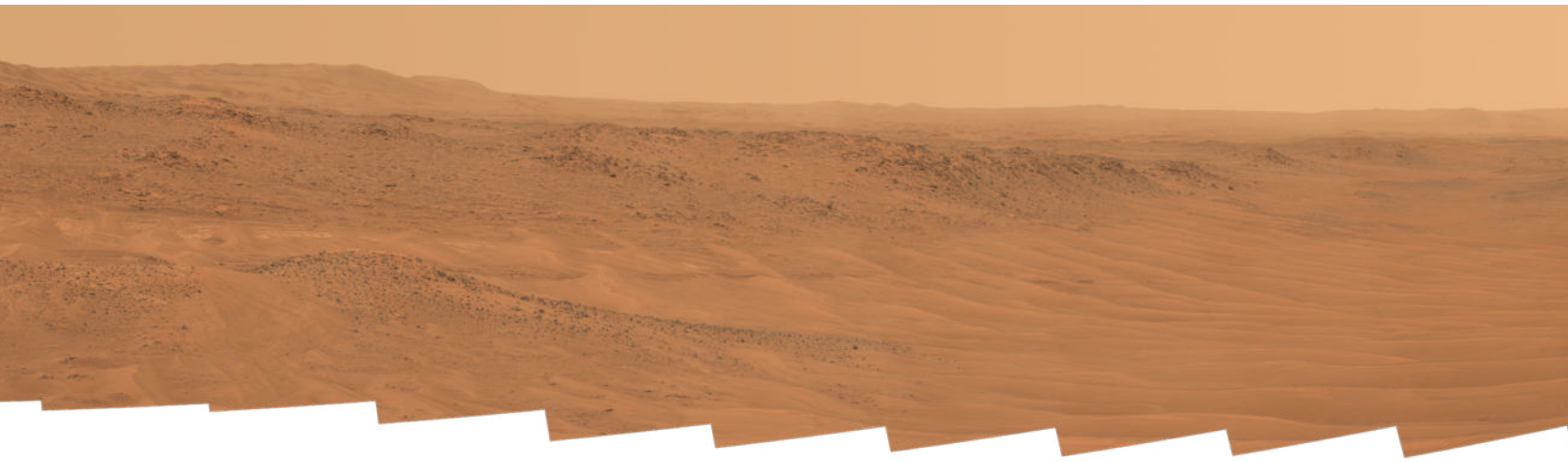
Les robots qui explorent la surface de Mars depuis le début des années 2000 montrent une planète aride et sans vie digne de *Dune*. Mais, comme dans le monde fictionnel de Frank Herbert, un autre paysage se cache sous la rocaille et le sable. Celui d'un environnement autrefois plus accueillant, susceptible d'avoir permis l'apparition de la vie.

Philippe Henarejos

UN NOUVEAU TERRITOIRE

Fin 2024, le robot de la Nasa Perseverance est arrivé au bord du cratère Jezero, dans lequel il s'était posé. Et il s'élance en direction de l'ouest vers un nouvel horizon. Ce paysage, que ses caméras figent le 16 décembre peu après la mi-journée, est celui qu'aucune sonde n'a approché auparavant : les hautes terres anciennes, très cratérisées et parcourues de quelques mystérieuses vallées fluviales. En quelle quantité et combien de temps l'eau a-t-elle jadis baigné ces hautes plaines ? En s'aventurant sur ce nouveau territoire, le rover pourrait en apprendre un peu plus sur l'époque où Mars aurait pu abriter de la vie.





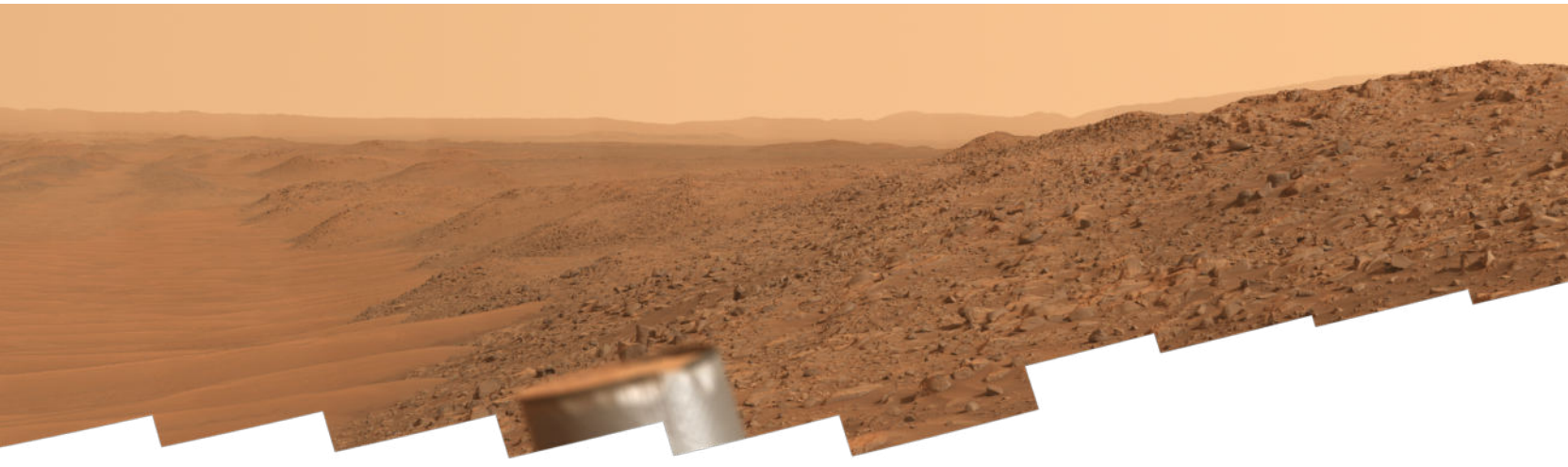
L'ARGILE DU CRATÈRE GALE

Cette vue spectaculaire montre l'intérieur du cratère Gale (155 km de diamètre) où s'est posé le rover Curiosity en 2012. L'engin a parcouru des dizaines de kilomètres pour gravir le pic central de Gale et photographier, en octobre 2017, le fond du cratère où il avait atterri. Entre-temps, ses explorations ont conduit à une certitude : ce paysage était autrefois un lac, voici plus de 3,8 milliards d'années. Curiosity y a en effet trouvé des galets, mais aussi des argiles, des roches qui ne se forment qu'en présence d'eau. Une preuve que cet endroit de Mars a été habitable.

L'eau a imprimé sa marque à la surface, mais les astronomes s'interrogent sur la durée de cet épisode dans l'histoire martienne

UN ANCIEN FLEUVE POUR JEZERO

À la mi-mai 2024, Perseverance photographie un paysage que les scientifiques rêvaient d'approcher depuis 1972, quand Mariner 9 a cartographié partiellement Mars : un ancien fleuve. Celui-ci, appelé Neretva, coulait il y a plus de 3,6 milliards d'années et alimentait en eau le cratère Jezero (49 km de diamètre). Aujourd'hui, le sable apporté par les vents comble le lit de l'ancien cours d'eau. Et une question demeure toujours : celui-ci coulait-il de manière régulière ou simplement de façon épisodique ? La réponse peut changer la vision de l'habitabilité que l'on se fait de l'endroit.



MILLEFEUILLE ANCIEN

Plus on se trouve au bord d'un cratère d'impact, plus on a de chances de rencontrer des roches excavées des profondeurs. C'est exactement ce que pensent les scientifiques face à cet étonnant « galet » feuilleté trouvé en septembre 2024 par Perseverance, alors qu'il arrivait au sommet du rempart du cratère Jezero. Encore en cours d'étude, cette roche est qualifiée de « métamorphique ». Autrement dit, elle a été transformée par la pression et surtout les fluides environnants. Une preuve de plus que, naguère, de l'eau a coulé durablement dans le sol de Mars ?

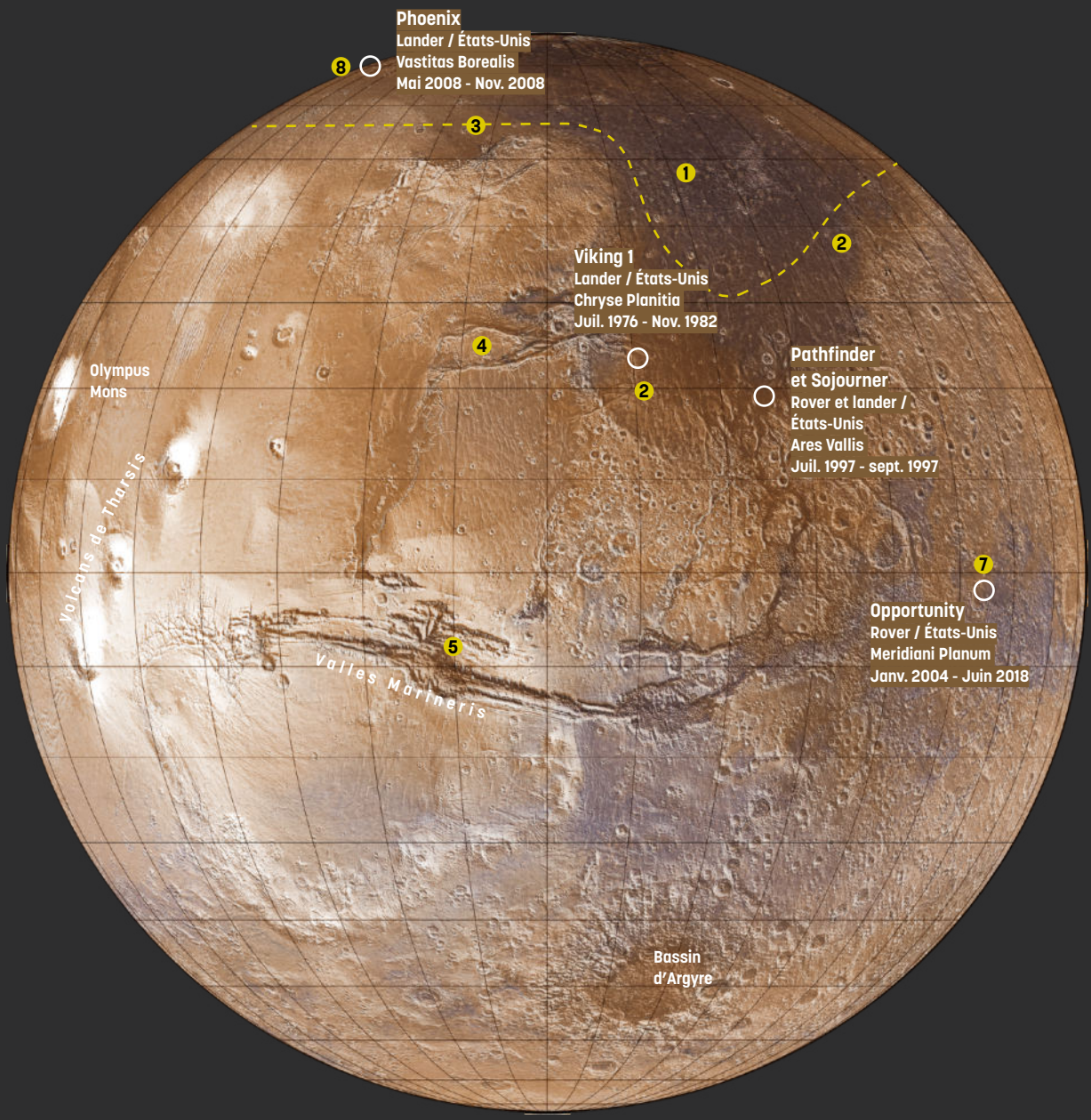
LES SÉDIMENTS DU DELTA

Le fleuve Neretva se déversait jadis dans le cratère Jezero et ses sédiments ont formé un delta. En témoigne cette butte de 250 m de large et de quelques dizaines de mètres de haut photographiée par Perseverance. Baptisée Kodiak, elle a été épargnée par l'érosion éolienne et permet de voir les strates successives empilées par le cours du fleuve. Elle est la preuve que Jezero était autrefois un lac. Mais l'a-t-il été assez longtemps pour qu'un processus s'enclenche jusqu'à l'apparition d'une forme de vie ?

UNE PLANÈTE AU PASSÉ AQUATIQUE

Il y a eu de l'eau à l'état liquide sur Mars. C'était il y a au moins 3,8 milliards d'années. Les robots qui ont gravité autour de la planète et ceux qui s'y sont posés en ont retrouvé les traces. Mais il reste à déterminer pendant combien de temps cette eau a pu offrir une chance à la chimie du vivant de s'amorcer. Cette carte de Mars indique les régions d'intérêt dans cette quête.

Philippe Henarejos



❶ BASSES PLAINES BORÉALES

Pour une raison encore inconnue, la majorité des terres de l'hémisphère Nord de Mars se situent à une altitude sensiblement plus faible que celles de l'hémisphère Sud. Bien moins cratérisées, elles semblent plus jeunes et pourraient avoir été inondées par un océan boréal.

❷ TRACES DE TSUNAMIS

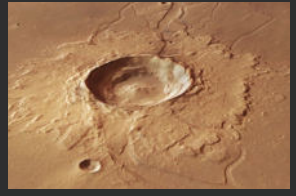
L'océan boréal a-t-il existé ? Des traces de tsunamis dus à de gros impacts météoritiques sur le rivage de l'océan présumé semblent en attester. Pourtant, ces stigmates pourraient aussi avoir été causés par la fonte brutale de glaces lors des impacts.

❸ LIGNES DE RIVAGES

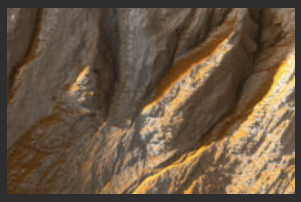
Certains scientifiques pensent avoir repéré des lignes de rivages qui attesteraient de l'ancien océan boréal. Mais celles-ci sont-elles toutes à la même altitude ? Leur interprétation reste sujette à caution.

❹ KASEI VALLIS

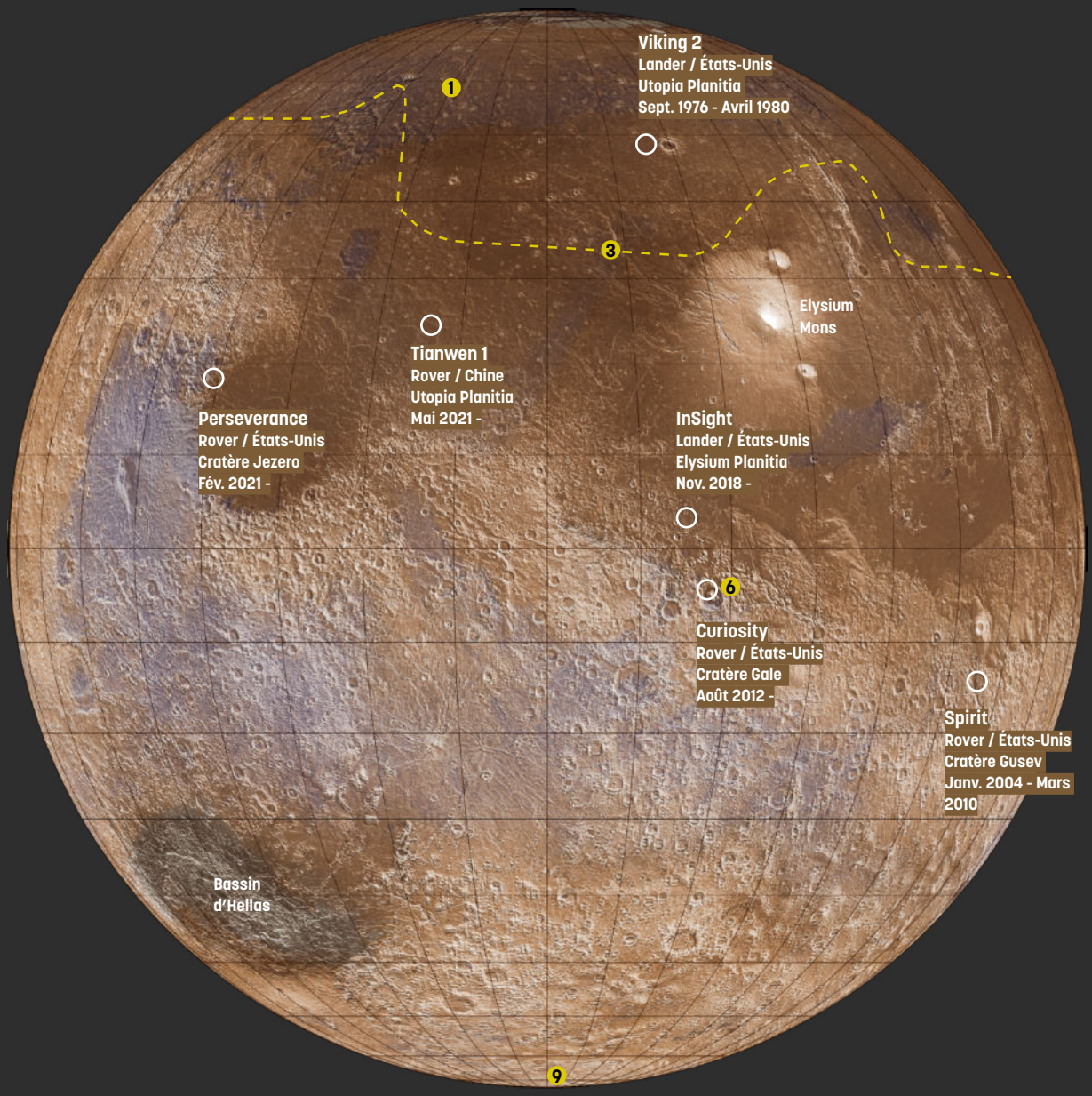
Cette immense vallée qui se jette dans les plaines boréales constitue l'un des premiers gros indices que de l'eau a coulé sur Mars autrefois. Pourtant, pour de nombreux spécialistes, elle résulte d'un épisode de débâcle catastrophique survenu en amont, sur des terres glacées. Un impact météoritique ou du volcanisme aurait fait fondre la glace, libérant subitement des flots gigantesques.



Ce cratère d'impact de 20 km de diamètre n'est pas une exception. Situé au voisinage du volcan Elysium, il est entouré d'éjectas lobés. Ceux-ci sont formés par la fonte de glaces en sous-sol lors de l'impact survenu sur le tracé d'une vallée de débâcle.



Dans les années 1990, la sonde Mars Global Surveyor a découvert des ravines récentes sur les flancs de certains cratères. D'autres sont apparues entre-temps. On a pensé d'abord à de l'eau affleurante et devenant liquide temporairement. Il semble aujourd'hui plus probable que des blocs de glace de CO_2 se désagrègent et provoquent des



6 CARBONATES

Le fait que l'ancienne atmosphère épaisse de Mars ait disparu demeure une question. L'une des possibilités est qu'elle ait réagi avec les roches pour former des carbonates. Problème : depuis l'orbite, les sondes en ont détecté trop peu. En revanche, en creusant, Curiosity en a trouvé. Peut-être enfin la preuve qu'il manquait.

7 SOURCE HYDROTHERMALE

Le rover Opportunity, à son arrivée au bord du grand cratère Endeavour, a repéré des roches riches en zinc et en brome, deux éléments qui se déposent le plus souvent grâce à de l'eau chaude. Une trace d'activité aquatique passée liée au volcanisme.

8 SOL GELÉ

La sonde Phoenix a gratté superficiellement le sol à haute latitude boréale et mis à jour de la glace d'eau (qui s'est évaporée au contact du rayonnement solaire). Une preuve qu'il reste de l'eau sur Mars, même si c'est en quantité difficile à mesurer.

9 UN LAC AU PÔLE SUD ?

En 2018, le radar de la sonde européenne Mars Express a peut-être découvert un lac à 1,5 km sous la surface martienne, près du pôle Sud. Il pourrait aussi s'agir d'un mélange d'eau, de glace et de sel (nécessaire pour que l'eau soit liquide).

Sur Mars, la calotte polaire boréale permanente s'étend sur un million de kilomètres carrés. D'une épaisseur moyenne de 1000 m (avec un maximum à 3000 m), elle contient autant de glace que la moitié du Groenland.

5 VALLES MARINERIS

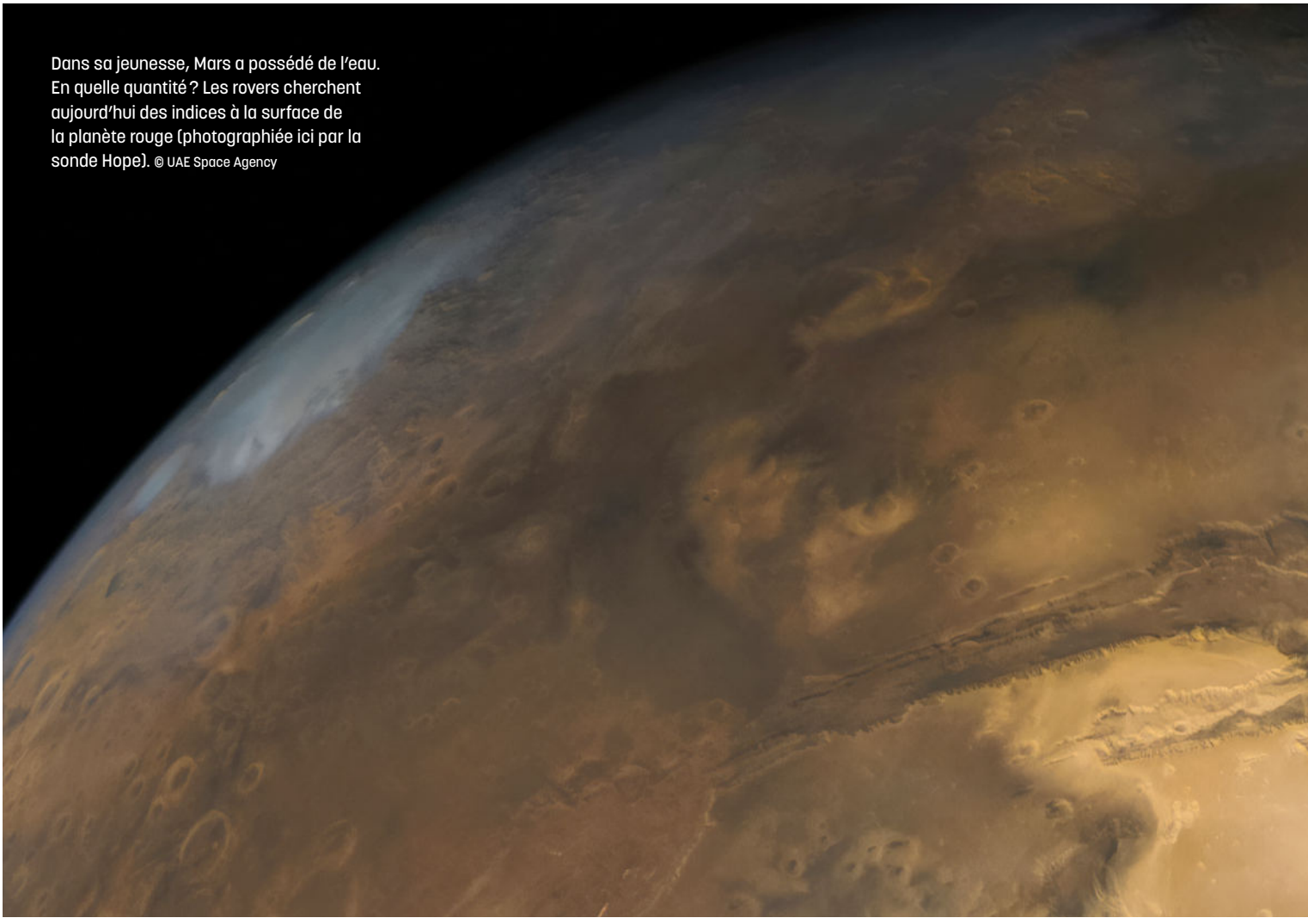
Le plus grand canyon du Système solaire (4 500 km de long, 200 km de large, 7 km de profondeur) n'a pas été creusé par l'eau. Il résulte de mouvements tectoniques à l'époque où Mars était encore très active géologiquement. L'eau y a cependant certainement coulé pour inonder ensuite les basses plaines, au niveau d'Ares Vallis, où s'est posé Mars Pathfinder en 1997.

LES PROMESSES DE L'EAU

Les indices les plus récents recueillis par les rovers Curiosity et Perseverance semblent converger vers une certitude : la jeune Mars possédait de l'eau et une atmosphère. Deux éléments qui peuvent en faire un berceau pour la vie.

Myriam Détruy

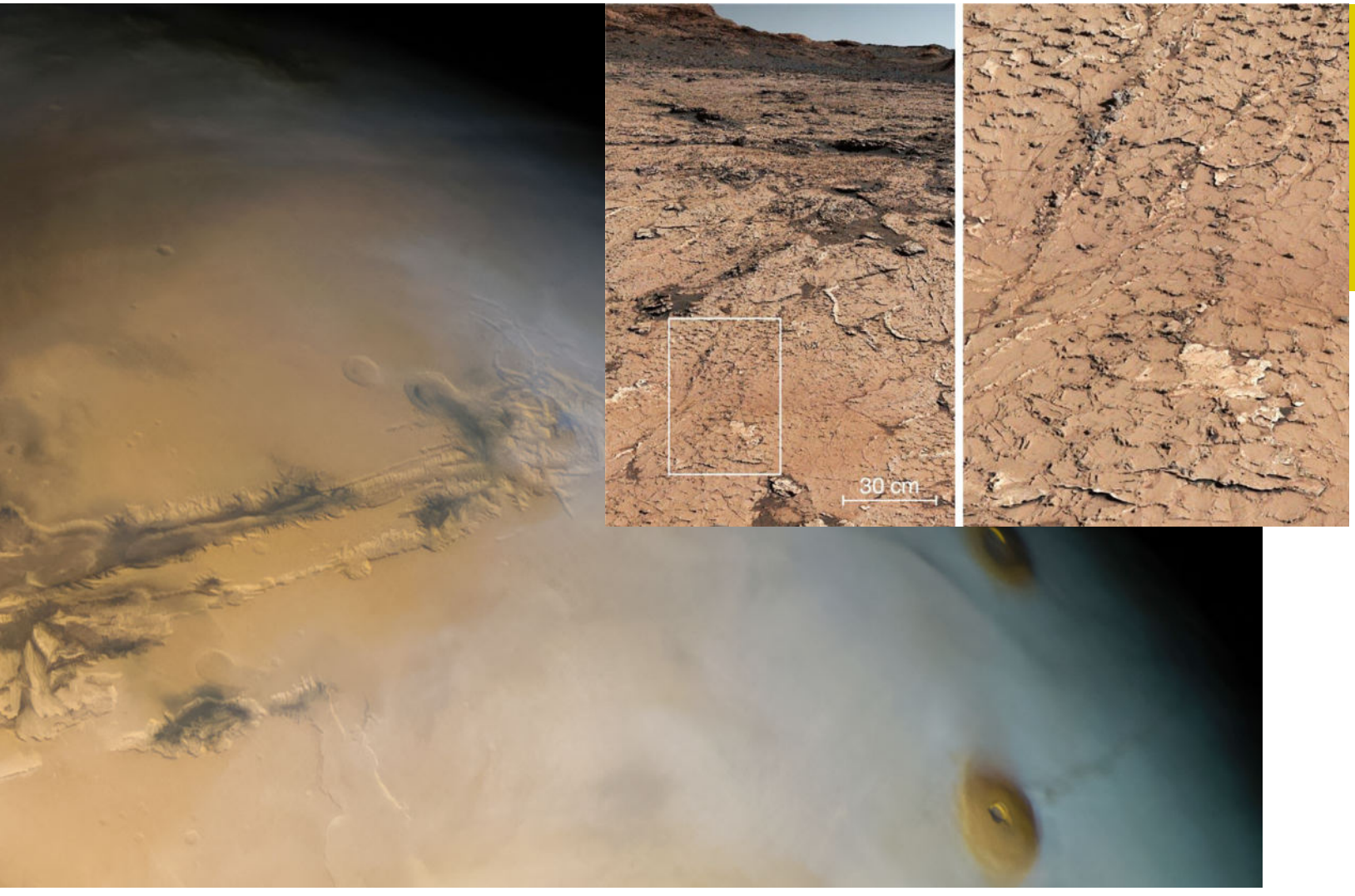
Mars à 1 m. Deux explorateurs ont la chance d'examiner la planète rouge d'aussi près. Ils se nomment Perseverance et Curiosity. Et il leur faut bien cela pour, dans chaque affleurement de roche, dans chaque sillon qui creuse le régolite, chaque paroi qui ourle un cratère, débusquer les indices d'une lointaine présence d'eau liquide. Et remonter au temps où, il y a 3,7 milliards d'années, Mars aurait possédé des océans, des volcans actifs, des lacs et des rivières. Au



Dans sa jeunesse, Mars a possédé de l'eau. En quelle quantité ? Les rovers cherchent aujourd'hui des indices à la surface de la planète rouge (photographiée ici par la sonde Hope). © UAE Space Agency

même moment, la vie était en train d'apparaitre sur Terre. Jusqu'à quand la planète rouge a-t-elle bénéficié de conditions aussi favorables, avant que son atmosphère ne soit balayée par les vents solaires, avant que la disparition de sa magnétosphère ne laisse sa surface à la merci des rayons cosmiques, avant que son eau ne déserte dans l'espace ou dans le sol ? *« C'est une question vraiment complexe*, commente Nicolas Mangold, du Laboratoire de planétologie et géosciences à l'université de Nantes. *Il y a des terrains qui montrent qu'il y a eu de l'eau liquide à une période que l'on pensait très aride, et on ne peut pas précisément dater ce que l'on trouve. Cela peut être quelques milliers ou quelques millions d'années, ce qui fait une grande différence. »* Sur place, les géologues sur roues que sont les rovers Curiosity et Perserverance, arrivés respectivement en 2012 et 2021, ne font que confirmer l'habitabilité passée de la planète rouge.

En 2023, William Rapin, de l'Irap [1], apporte un argument de poids en faveur de cette hypothèse. Il observe grâce à Curiosity des dépôts enrichis en sels formant des motifs hexagonaux de quelques centimètres de côté dans des strates datant de 3,8 à 3,6 milliards d'années. Sur Terre, ce genre de craquelures apparait en période de sécheresse, puis disparait quand il pleut. Sur Mars, elles sont la preuve qu'il y a eu une alternance de saisons sèches et de saisons humides, autrement dit un climat très favorable à l'émergence de la vie. Depuis, les rovers n'ont cessé de fournir des observations surprenantes de la surface préservée de notre voisine qui, à l'inverse de celle de la Terre, n'est pas transformée par la tectonique des plaques. *« Pour moi, l'une des preuves les plus parlantes*



Ces motifs hexagonaux sur le sol de Mars peuvent résulter d'une alternance de saisons sèches et de saisons humides.
© Nasa/JPL-Caltech/MSSS

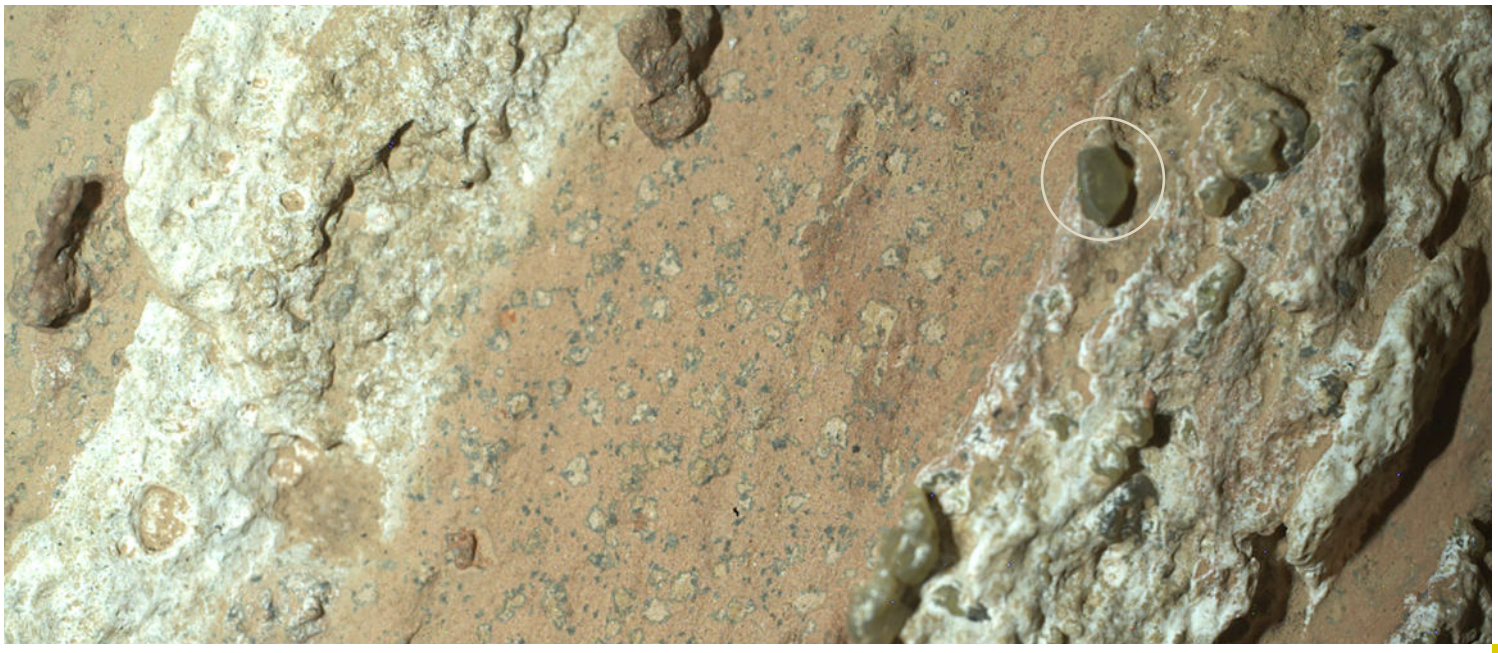
Il y a des milliards d'années, le vent a agité la surface d'un lac peu profond et a perturbé les sédiments au fond de cette étendue d'eau. Le phénomène a créé ces ondulations repérées par le rover Curiosity à la base du mont Sharp.
© Nasa/JPL-Caltech/MSSS

apportées récemment est la découverte d'un minéral appelé sidérite, poursuit Nicolas Mangold à propos de résultats publiés dans la revue *Science* en avril 2025. *Ce n'est pas un témoignage direct de l'habitabilité, mais ce qu'on peut en déduire est extrêmement important par rapport au climat et à l'atmosphère de Mars.* » Les planétologues supposent qu'après sa formation, Mars était entourée d'une atmosphère épaisse, riche en dioxyde de carbone (CO_2). En réagissant avec l'eau liquide, le gaz aurait dû laisser son empreinte dans les roches martiennes. Or, jusqu'à présent, les rovers n'avaient rien détecté. Jusqu'à ce que Curiosity perce des trous de quelques centimètres de profondeur sur les pentes du mont Sharp, qui se trouve au centre du grand cratère Gale (155 km de diamètre) où le rover s'est posé. Après avoir réduit ces échantillons en poudre, il les a insérés dans un de ses instruments pour procéder à des analyses chimiques. « *La quantité de carbonates trouvée suggère qu'il y a eu une atmosphère plus épaisse dans le passé*, commente Nicolas Mangold. *Qui dit atmosphère plus épaisse, dit effet de serre plus important, donc climat plus favorable.* »

Un lac peu profond

Sur ces mêmes pentes du mont Sharp, une équipe américaine a fait début 2025 une autre découverte inattendue. Des images prises par Curiosity ont attiré leur attention. Ils y ont remarqué des ondulations régulières sur le sol. Des stries très fines, d'à peine 6 mm de haut et espacées de

En réagissant avec l'eau liquide, l'atmosphère riche en gaz carbonique a laissé son empreinte sur le sol



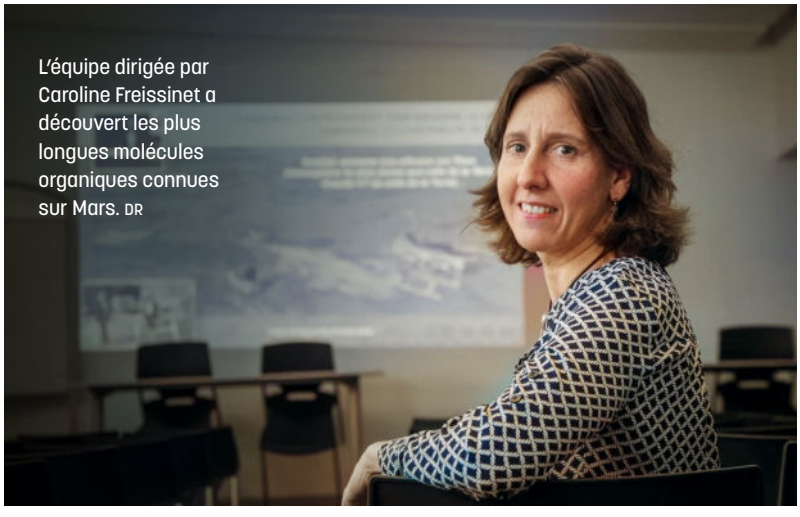
Perseverance a prélevé un échantillon de Cheyava Falls, une roche dont les taches de léopard et la présence d'olivine (cercle) ont retenu l'attention des planétologues. © Nasa/JPL-Caltech/MSSS

4 à 5 cm. Le rover Opportunity, qui a exploré la région équatoriale de Terra Meridiani de 2004 à 2018, avait déjà remarqué ce genre de structures, mais les scientifiques n'étaient pas sûrs qu'il s'agissait de traces laissées par de l'eau liquide. Cette fois, l'analyse de Curiosity est beaucoup plus claire. *« Ce sont des rides symétriques créées par des courants d'eau*, commente Nicolas Mangold. *Cela signifie qu'il y a eu un lac dont la surface a été agitée par le vent. Or, c'est un endroit où l'on ne s'attendait pas à trouver un lac, ce qui étend la zone d'habitabilité de la planète. »* Les modèles penchent pour une étendue d'eau peu profonde, de l'ordre de 2 m, étant donné que les ondulations sont très rapprochées les unes des autres.

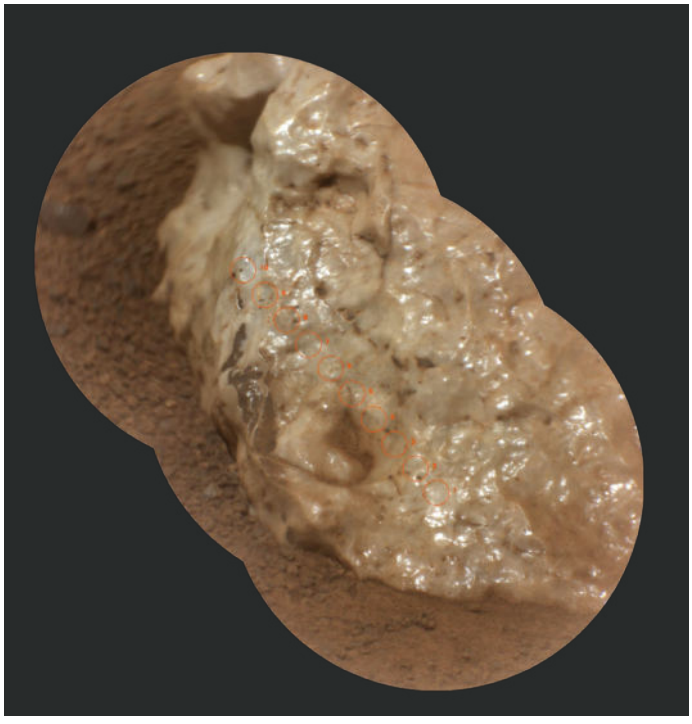
Des pierres très particulières ont par ailleurs retenu l'attention de plusieurs équipes de géologues, dont celle de l'Institut de planétologie et d'astrophysique de Grenoble, où travaille Pierre Beck : *« Sur les bords du cratère Jezero, Perseverance a repéré des cailloux relativement gros, d'environ 5 cm de diamètre. Leur nature nous a surpris. »* Le rover a projeté sur ces pierres des ondes lumineuses dont la longueur d'onde révèle le type de minéral qu'elles contiennent. Or, pour la première fois, on a eu la confirmation qu'il s'agissait de cristaux de quartz, un minéral qui ne se forme qu'en présence d'eau liquide. *« Cela renforce l'idée qu'il y a eu des circulations d'eau plutôt chaude, car c'est ce qu'il faut pour que la silice contenue dans les roches se transforme en cristaux de quartz*, détaille Pierre Beck. *Il pourrait s'agir d'un ancien système hydrothermal, dont on ignore combien de temps il a été actif. Mais c'est une preuve supplémentaire qu'il y a eu de l'eau liquide à la surface de Mars. »*

Molécules en chaines

L'une des découvertes les plus marquantes cette année a été faite par l'équipe dirigée par Caroline Freissinet, exobiologiste au Latmos (Laboratoire atmosphères et observations spatiales). En utilisant l'instrument SAM à bord de Curiosity, elle a mis au jour les plus longues molécules organiques jamais



L'équipe dirigée par Caroline Freissinet a découvert les plus longues molécules organiques connues sur Mars. DR



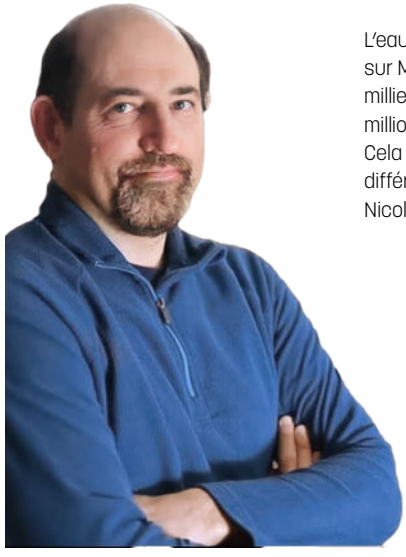
Le quartz identifié par Perseverance est la nouvelle preuve d'une circulation ancienne de l'eau. Et même une eau plutôt chaude pour transformer ainsi la silice. À droite : les « myrtilles martiennes » débusquées par Opportunity dans le cratère Endurance.
© Nasa/JPL-Caltech

vues sur Mars. *« L'existence de molécules organiques simples avait été déjà démontrée en 2015 grâce à la mission*, raconte la chercheuse. *Cette fois, on a découvert des chaines d'hydrocarbures, capables de former des structures de membranes qui peuvent isoler un intérieur de l'extérieur. Ce serait l'amorce d'une cellule, tel qu'on pense qu'elles sont apparues sur Terre. »* Rien ne prouve qu'il s'agit là d'un processus d'origine biologique, mais la préservation de ces « fossiles » ne fait que renforcer l'idée d'un environnement propice à l'apparition de la vie.

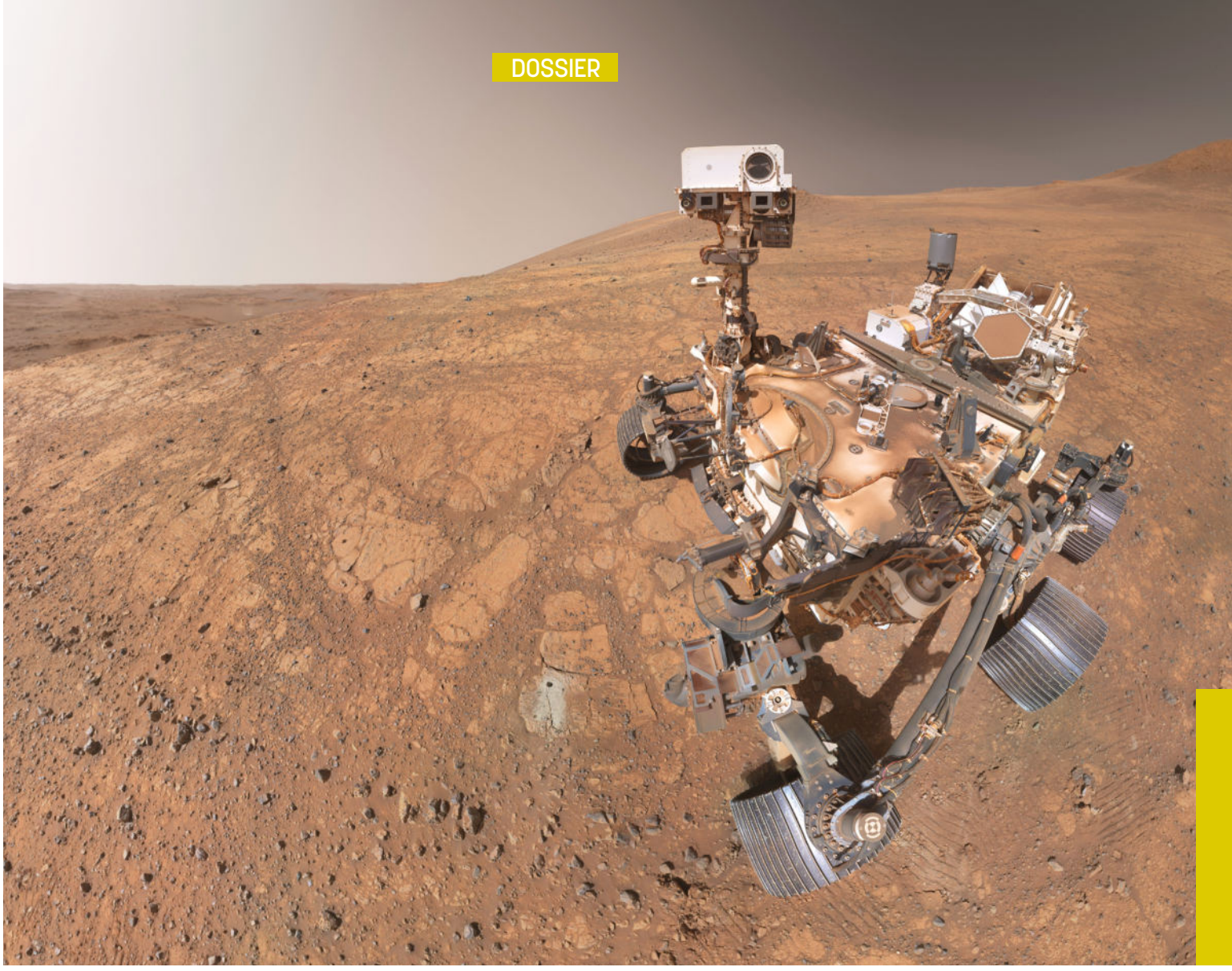
Vallée fluviale

Les mêmes questions se posent avec la découverte de Cheyava Falls par Perseverance en juillet 2024. Cette roche aux taches de léopard se trouvait dans la vallée fluviale Neretva Vallis, toujours au bord du cratère Jezero. Elle présente une composition riche en fer, des variations d'oxydation, de l'olivine, ainsi que des veines de sulfate de calcium, qui sont eux aussi des signes d'anciennes interactions avec de l'eau liquide. L'instrument Sherloc du rover a révélé la présence de composés organiques au cœur de cette structure, préservés par le fait qu'elles n'ont pas été exposées à de fortes chaleurs. S'agit-il de biosignatures potentielles ?

Et puis il reste toutes ces structures inexpliquées : que sont ces petites boules agglomérées les unes contre les autres, soudainement figées dans leur bouillonnement ? Opportunity avait repéré ces « myrtilles martiennes » dans l'immensité du Meridiani Planum, et Curiosity en a photographié aussi en 2012. On en trouve sur Terre, où leur forme originale est due au transport de certains



L'eau a-t-elle coulé sur Mars quelques milliers ou quelques millions d'années ? Cela fait une grande différence, souligne Nicolas Mangold. DR



Perseverance a foré différentes roches au cours de son périple dans le cratère Jezero. Le rover a déposé ensuite ses échantillons dans des petits tubes, qu'une mission future doit venir récolter. © Nasa/JPL-Caltech/T. Appéré

minéraux par l'eau, qui les transforme en sphérules. Leur détection sur Mars est donc une preuve supplémentaire que de l'eau a circulé à ces endroits. Mais certaines myrtilles peuvent être trompeuses. Si celles découvertes par Opportunity et Curiosity ont de grandes chances d'être liées à la présence ancienne d'eau liquide, les étranges billes aux formes irrégulières observées par Perseverance dans le cratère Jezero ont une origine différente, avertit Nicolas Mangold : *« Soit elles ont été créées par un impact dont la matière éjectée va passer dans l'atmosphère avant de retomber, auquel cas elles pourraient peut-être fournir de l'information sur cette atmosphère. Soit il s'agit de volcanisme explosif dont les particules de roches chaudes expulsées violemment retombent en se condensant à nouveau. »*

Pour progresser dans la recherche sur l'habitabilité martienne, il faudrait maintenant pouvoir analyser, ici sur Terre, des échantillons de la planète rouge. C'est l'un des objectifs majeurs confiés à Perseverance. Le rover collecte avec soin ces précieux fragments pour qu'une future mission, Mars Sample Return, nous les rapporte. Mais après des décennies d'efforts acharnés et de milliards investis, c'est la douche froide pour les planétologues : l'administration Trump veut supprimer le budget alloué à cette entreprise ambitieuse. Le Congrès doit trancher en octobre 2025. *« Un retour d'échantillons est pourtant la condition sine qua non pour répondre aux questions posées par toutes ces découvertes »*, affirme Nicolas Mangold. Ne reste plus qu'à espérer que Curiosity et Perseverance porteront obstinément leur nom, continuant d'avancer sur les terres rouges, en attendant qu'un changement de cap relance l'aventure d'une exploration qui ne cesse d'ouvrir de nouveaux horizons.

(1) Institut de recherche en astrophysique et planétologie, à l'université de Toulouse 3 Paul-Sabatier.

PASCAL LEE

« MARS N'A JAMAIS CONNU DE CLIMAT TEMPÉRÉ AVEC DE L'EAU LIQUIDE EN ABONDANCE »

Le climat de la planète rouge a toujours été froid, et l'eau à sa surface, gelée, estime Pascal Lee. Une vision à contre-courant de ses collègues planétologues. Selon lui, si jamais la vie est apparue sur Mars, c'est sous ses glaciers.

Propos recueillis par Émilie Martin

Planétologue au Seti Institute (Californie), le Français Pascal Lee étudie minutieusement les glaciers de l'Arctique. Ses observations de terrain lui font dire que Mars n'a sans doute jamais été bleue, dotée d'une atmosphère suffisamment épaisse pour permettre à l'eau liquide de couler abondamment. © É. Martin/C&E

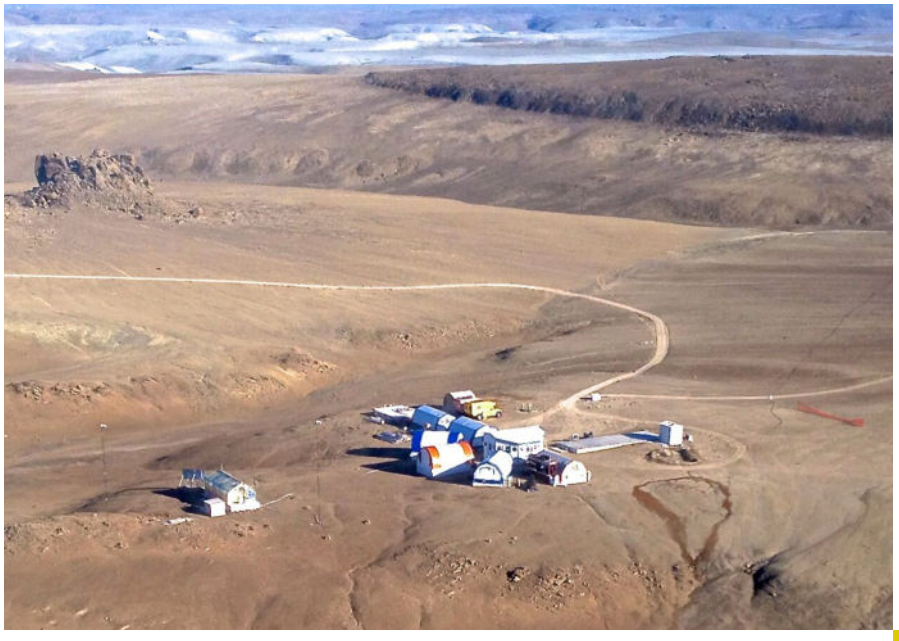
Pour Pascal Lee, planétologue au Seti Institute et au centre Ames de la Nasa, il faut oublier le scénario d'une jeune Mars bleue, dotée d'une atmosphère, constellée de lacs, de rivières et même d'un océan. Lors de notre visite au Seti Institute, à Mountain View en Californie [lire aussi p. 68], il nous a expliqué pourquoi.

Vous étudiez la géologie martienne en arpentant les terrains sur l'ile Devon, dans l'Arctique. Pourquoi cette île est-elle considérée comme un analogue de la planète Mars ?

Pascal Lee : Les régions polaires, comme l'Antarctique ou l'ile Devon (la plus grande île inhabitée au monde !), sont parmi les meilleurs analogues de la géologie martienne que l'on puisse trouver sur Terre. Située à 75° de latitude nord, l'ile Devon est un désert froid et sec. Autour du cratère Haughton, un impact de 20 km de diamètre vieux de 23 millions d'années, on retrouve des terrains similaires à ceux de Mars : de nombreuses formes de géologie glaciaire liées à une très faible humidité en eau liquide et des températures moyennes annuelles négatives. Cela en fait un bon laboratoire pour étudier les processus à l'œuvre sur la planète rouge.

De vos analyses menées dans ce laboratoire à ciel ouvert, vous concluez, à contre-courant de la majorité de vos collègues, que l'eau n'a jamais vraiment coulé en abondance à la surface de Mars…

En effet, je pense que Mars a toujours été une planète à climat froid et sec. La jeune Mars est souvent décrite comme une planète tempérée, dotée d'un cycle de l'eau de type terrestre, avec rivières, lacs, et même d'un vaste océan à ciel ouvert. Mais cela suppose une atmosphère très épaisse et un ensoleillement suffisant. Or, il y a 3 à 4,5 milliards d'années, le Soleil était environ 25 % moins lumineux qu'il ne l'est aujourd'hui. Même une atmosphère épaisse aurait eu du mal à la réchauffer au point de permettre à l'eau de couler et de former des étendues liquides à l'air libre. En fait, le climat de la jeune Mars était probablement quasiment aussi froid qu'aujourd'hui, avec une atmosphère seulement un peu plus épaisse. À l'époque,



Pascal Lee a lancé le Haughton-Mars Project, une base de recherche scientifique située sur l'ile Devon, au nord du Canada, un terrain jugé analogue à Mars et dédié à l'étude de la planète rouge. © P. Lee

seul le sous-sol était vraiment très différent : il était plus chaud du fait d'impacts de météorites beaucoup plus fréquents, d'un volcanisme plus actif, et d'un flux géothermique global [la chaleur émanant de l'intérieur de la planète, NDLR] plus élevé. Il y avait donc en effet un cycle de l'eau plus actif. Mais, dès qu'elle arrivait en surface, cette eau se changeait en neige et en glace.

Pourtant, les sondes spatiales Mars Express (ESA) et Mars Reconnaissance Orbiter (Nasa) ont photographié de nombreux stigmates de réseaux de vallées, en de multiples endroits de la planète rouge… Sur Terre, les réseaux de vallées de ce type sont le fruit du lent travail de l'eau.

C'est là que l'ile Devon est éclairante. Au fil de nos missions de terrain, nous y

> Le sous-sol de la jeune Mars était bien plus chaud que sa surface, du fait d'impacts de météorites fréquents et d'un volcanisme actif

En 2019, des étudiants testent un modèle innovant de gant d'astronaute au sein de la base de recherche scientifique de l'île Devon.
© Haughton-Mars Project

avons étudié des réseaux de petites vallées remarquablement semblables aux celles observées sur Mars. Or, ces vallées sur Devon n'ont pas été creusées par des rivières coulant à l'air libre, mais sous la glace, par la fonte d'anciennes calottes glaciaires. Nous pensons que le même phénomène s'est produit sur Mars. Sous des étendues temporaires de glace, surtout autour des cratères d'impact et des volcans, la glace a fondu et ciselé le terrain, ce qui a progressivement formé les réseaux de petites vallées que l'on voit, exposées aujourd'hui en surface.

Mais ce n'est pas parce que c'est ainsi sur l'île Devon que ça a été pareil sur Mars… De quelles preuves disposez-vous ?

Elles se trouvent dans les détails de la morphologie. Observez bien les réseaux de vallées martiens : entre les lits bien dessinés, les terrains sont lisses, intacts, dénués de petits affluents et de myriades de capillaires, comme c'est le cas des vallées fluviatiles terrestres. Or, nous retrouvons les mêmes plateaux bien lisses entre nos réseaux de petites vallées sur l'île Devon. C'est un indice très parlant, parce que des myriades de capillaires et d'affluents impliqueraient de la pluie, et donc un climat tempéré avec une pression atmosphérique élevée. Ce n'est pas ce que l'on voit sur Mars. La glace de surface, dans les deux cas, était très froide et, dans la plupart des endroits, protégeait le terrain. Mais là où l'eau de fonte pouvait s'écouler sous la glace, le terrain s'est trouvé érodé. C'est une érosion sélective et non globale ou même régionale. L'eau liquide était donc un phénomène local, non climatique.

À part cette comparaison morphologique entre l'île Devon et Mars, disposez-vous d'autres preuves ?

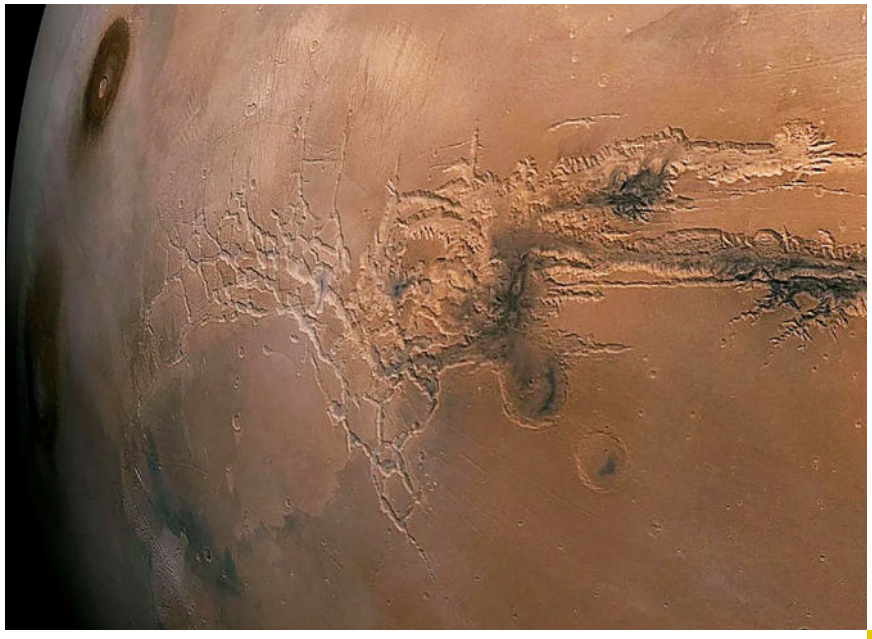
Outre sur des terrains anciens, on retrouve aussi des réseaux de petites vallées sur des portions très récentes de la planète Mars. Ils sont très localisés, par exemple sur les flancs des grands volcans comme Tharsis. On ne peut pas invoquer un changement climatique global majeur pour les expliquer — atmosphère épaisse, climat tempéré, pluie, etc. L'explication beaucoup plus plausible est la suivante : lors d'épisodes volcaniques dans des conditions temporaires de pression atmosphérique peut-être légèrement plus élevées qu'aujourd'hui, de l'eau est injectée dans l'atmosphère et recouvre les flancs du volcan de carapaces glaciaires. La chaleur locale du sol sur les flancs provoque une fonte de la glace à sa base. L'eau s'écoule brièvement sur les pentes, sous la glace. Puis la glace disparait, laissant des réseaux de petites vallées à la surface du volcan.

Selon vous, l'eau liquide n'a donc jamais coulé « à ciel ouvert » sur Mars ?

Jamais est un mot à utiliser avec précaution en science. Il y a peut-être eu des épisodes brefs d'augmentation légère de la pression atmosphérique durant lesquels de l'eau liquide aurait pu s'écouler à l'air libre sur de courtes distances. Mais je ne vois pas de raison d'invoquer une période prolongée dans l'histoire de Mars avec une atmosphère épaisse au point de créer un climat tempéré et de vastes étendues d'eau liquide à ciel ouvert. La surface de Mars a surtout été façonnée par les impacts, le volcanisme et la glace. L'eau liquide a aussi joué un rôle important au début de l'histoire de la planète, mais surtout entre la glace et le sol sous un climat froid, pas à l'air libre sous un climat tempéré.

Vous affirmez d'ailleurs avoir découvert un glacier fossile près de l'équateur de Mars…

Oui. Mon étudiant Sourabh Shubham et moi pensons en effet avoir mis la main sur les restes d'un glacier situé à 7° de latitude sud, dans la région du volcan géant Noctis de 450 km de diamètre, que nous avons également mis au jour. Ce glacier est caché sous une couche de sels d'un à quelques mètres d'épaisseur. Il s'agit d'un volcan ancien, mais encore actif récemment,



Dans la région de Tharsis, près du colossal canyon Valles Marineris, Pascal Lee et ses équipes ont mis au jour les restes d'un glacier caché sous une épaisse couche de sels. Ils plaident pour y envoyer une mission robotisée. © Nasa

avec de la glace et sans doute de l'eau liquide juste en dessous. Il faut aller voir ça de plus près ! Avec mes équipes au Seti Institute et au centre Ames de la Nasa, nous planchons sur une mission appelée Nighthawk qui utiliserait l'hélicoptère autonome Mars Chopper, en cours de conception au JPL et au centre Ames. Nighthawk serait capable d'aller explorer ce type de terrains difficiles, mais très prometteurs !

Si Mars n'a jamais été recouverte d'eau, fait-il abandonner l'espoir d'y détecter un jour des traces de vie ?

Pas du tout. L'essentiel pour la vie, du moins telle que nous la comprenons, est qu'il y ait eu de l'eau liquide. Que cette eau liquide ait été à l'air libre ou pas, c'est probablement secondaire. Il est concevable que la vie ait pu se développer dans des poches d'eau liquide sous-glaciaires, dans les régions avec un flux thermique interne soutenu sur une longue durée, dans une région volcanique par exemple… Ce n'est pas peut-être pas aussi spectaculaire que la vision géocentrique d'un lac à ciel ouvert, voire d'un océan, mais c'est, à mon sens, plausible et tout aussi fascinant.

PETITE CHRONOLOGIE DE L'HABITABILITÉ MARTIENNE

Mathis De Géa

1610

Galilée effectue la première observation de Mars au télescope.

1666

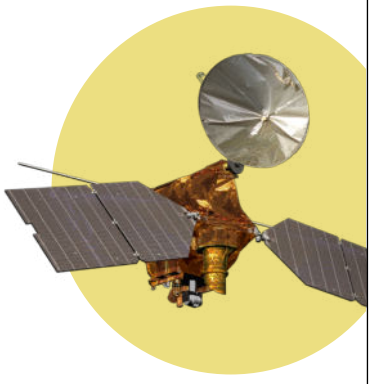
Jean-Dominique Cassini observe pour la première fois les calottes polaires martiennes et calcule la durée du jour martien.

2004

Le rover **Opportunity** trouve des minéraux indiquant que les roches près de son site d'atterrissage sur Meridiani Planum étaient autrefois imbibées d'eau liquide.

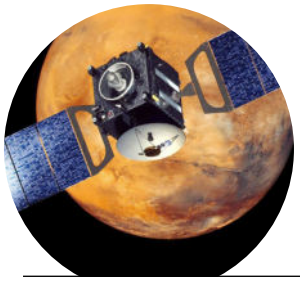
2008

L'orbiteur **Mars Reconnaissance Orbiter** identifie de la silice hydratée (opale) dans des roches à plusieurs endroits de la planète. Ce minéral aqueux atteste que de l'eau liquide persistait localement il y a encore 2 milliards d'années.



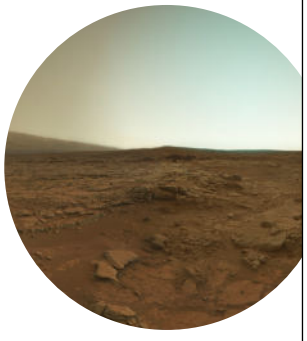
2013

Le rover **Curiosity** annonce la découverte d'un ancien lac d'eau douce dans le cratère Gale pouvant avoir été habitable : les sédiments étudiés révèlent une présence prolongée d'eau liquide et de molécules organiques préservées.



2018

Les données radar Marsis de la sonde **Mars Express** semblent indiquer la présence d'un lac souterrain d'eau liquide enfoui sous la calotte polaire sud, mais une étude publiée en 2024 tempère cette hypothèse.

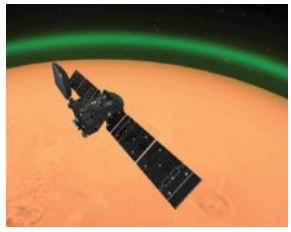


2018

L'équipe de **Curiosity** annonce avoir détecté des variations saisonnières de méthane dans l'atmosphère pendant trois années martiennes. La plupart du méthane sur Terre est produit par des sources biologiques, mais de nombreux processus abiotiques existent.

2019

La sonde **ExoMars Trace Gas Orbiter** ne détecte pas de méthane dans l'atmosphère de Mars, ravivant la controverse autour du méthane martien.

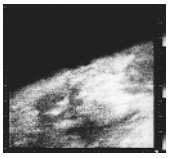


1877

Giovanni Schiaparelli décrit les fameux « canali » (canaux) de Mars. Cette découverte suscite des spéculations sur la présence de vie sur la planète rouge. Certains astronomes comme Percival Lowell soutiennent l'hypothèse de l'existence d'une civilisation martienne à l'origine de ces canaux.

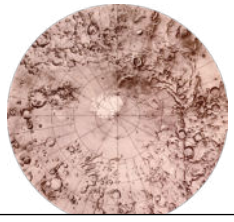
1898

Le Britannique **H. G. Wells** publie *La guerre des mondes*, roman de science-fiction mettant en scène une invasion martienne. L'œuvre façonne durablement la représentation populaire des Martiens. En 1938, Orson Welles en réalisera une adaptation radiophonique aux États-Unis. Certains auditeurs auraient réellement cru à une invasion extraterrestre, selon une légende persistante.



1965

La sonde **Mariner 4** transmet les premières photos rapprochées de Mars : la surface apparait cratérisée, froide et désertique.



1971

L'orbiteur **Mariner 9**, premier satellite à se mettre en orbite autour de Mars, cartographie 85 % de la surface de la planète. Il découvre d'anciennes traces de ruissellement d'eau : des vallées ramifiées et des vallées de débâcle, témoignant d'un passé hydrologique.

1976

Les sondes **Viking 1 et 2** se posent sur Mars avec un objectif clair : trouver des traces de vie. Elles mettent au jour des sulfates et des chlorures dans un sol basaltique, signes de l'ancienne présence d'eau liquide. Aucune molécule organique *in situ* n'est détectée, mais l'expérience Labeled Release semble donner un résultat positif. Non adaptée au sol fortement oxydant, elle est aujourd'hui invalidée par la majorité des planétologues.

1996

Les équipes de la Nasa analysent la météorite martienne **ALH 84001**, découverte en 1984 en Antarctique. Elles y identifient des motifs organiques et structures minérales évoquant d'hypothétiques microfossiles martiens. Le consensus actuel s'accorde sur une contamination terrestre.

2021

Le rover **Perseverance** atterrit au fond du cratère Jezero. Il y découvre des roches magmatiques, inattendues à cet emplacement, qui montrent des traces d'interaction avec l'eau, suggérant des conditions favorables à la vie microbienne. L'analyse de la roche Wildcat Ridge apporte les preuves d'un ancien environnement lacustre, qui aurait été habitable pour une vie microbienne ancienne dont les éventuelles traces auraient pu être bien préservées.

2025

La Nasa annonce que **Curiosity** a découvert les plus grosses molécules organiques connues sur Mars dans des roches anciennes. Ces «hydrocarbures à longue chaine» suggèrent une capacité accrue de préservation des molécules complexes dans le passé de la planète.

© Nasa/JPL-Caltech et DR

CHERCHER LA VIE DANS UN BOUT DE MARS

Examiner sur Terre un peu de roche prélevée sur Mars… Tel est le rêve de nombreux scientifiques. En attendant un premier retour d'échantillons, certains savent déjà comment ils passeront au crible ce petit trésor à la recherche des traces d'une vie martienne.

Guillaume Langin

Minéraux fabriqués par la vie ? Fossiles de bactéries ? Acides aminés ? Le premier échantillon de Mars pourrait porter la preuve que la planète dans son passé n'était pas seulement habitable, mais… habitée ! © O. Hodasava/C&E

Quatre cents roches martiennes sont déjà sur Terre. *« Mais l'on ne sait pas de quelle région de Mars elles viennent »*, indique Daniel Glavin, exobiologiste au centre Goddard de la Nasa. Et pour cause, ces pierres sont des météorites. On doit leur présence ici-bas aux lois du hasard et de la gravité. Ces cailloux ont jadis été projetés dans l'espace par de violents impacts à la surface de Mars, et certains ont fini par croiser notre planète dans leur course autour du Soleil. *« Ça n'est pas dans ce type de roches que vous pouvez chercher des preuves de vie. La plupart d'entre elles sont magmatiques, elles ont été chauffées par l'impact qui les a éjectées. Et une fois arrivées sur Terre, elles sont vite contaminées par notre biosphère »*, poursuit le chercheur censé prendre la direction scientifique de Mars Sample Return (MSR). L'objectif de cette mission spatiale est inédit : rapporter sur Terre un bout frais de Mars. Les spécialistes sont aujourd'hui convaincus que la planète rouge était habitable autrefois [lire p. 52]. Cet échantillon-là pourrait porter en lui la preuve qu'elle était habitée !

Pour y parvenir, les scientifiques envisagent déjà l'éventail d'expériences à conduire sur ce précieux matériau. En somme, tout ce que les instruments miniaturisés à bord des rovers martiens ne peuvent réaliser sur place. *« Sur Mars, on creuse, on broie… Mais on ne sait pas faire une lame mince »*, illustre Daniel Glavin. Commencer par observer au microscope une section mince d'un fragment martien serait une première façon, directe et simple, de révéler les minéraux qui s'y trouvent. *« Ici sur Terre, on sait identifier 5 700 minéraux, parmi lesquels 347 sont fabriqués par la vie, devenue un constituant de la roche »*, compte James Green, ancien scientifique en chef de la Nasa[1]. Pour découvrir des traces de vie passée, une autre façon de procéder consiste à bombarder l'échantillon de rayons X émis par des électrons tournoyant dans l'enceinte d'un instrument appelé synchrotron. Alexandre Simionovici traque ainsi des traces de vie terrestre primitive à l'Institut des sciences de la Terre, à Grenoble. Certains fossiles de microbes sont vieux de plusieurs milliards d'années. *« Ce que l'on pourrait rechercher dans un échantillon martien, ce sont les métaux, comme le fer dans l'hémoglobine, qui sont associés au vivant »*, décrit le professeur. Une cartographie de ces métaux au sein de la roche peut alors révéler des microstructures de la forme d'un globule ou d'un filament trahissant la présence d'une bactérie, bien après sa mort. *« Ça marche aussi avec le vivant »*, complète le scientifique, qui l'a démontré en détectant des bactéries *E. coli* apposées à la surface d'une roche. Le diamètre de ces microorganismes n'excède pas un demi-micromètre. Dans le cas, peu vraisemblable, où les échantillons de Mars grouilleraient encore de vie active, ces analyses seront effectuées au travers d'un triple vitrage les isolant de l'atmosphère terrestre pour éviter tout risque de contamination mutuelle entre Mars et la Terre. Pour ce faire, Alexandre Simionovici conçoit depuis les années 2000 un porte-échantillon bardé de petits hublots pour observer la roche.

Dans l'hypothèse où la Nasa puisse financer le projet, l'exobiologiste Daniel Glavin serait en passe de devenir responsable de Mars Sample Return, la première mission américaine visant à rapporter un échantillon de Mars. © Nasa/C. Gunn

À défaut de tomber sur un microbe fossilisé, un retour d'échantillon serait pour Caroline Freissinet

> On pourrait rechercher dans un échantillon martien les métaux associés au vivant, ici sur Terre

Alexandre Simionovici met au point un porte-échantillons pour isoler la roche martienne de l'environnement terrestre.
Courtesy A. Simionovici

du Latmos [2] l'occasion de poursuivre ce que le rover Curiosity réalise sur Mars avec les moyens du bord (littéralement). Dans ses fours miniatures, des échantillons de roches sont chauffés jusqu'à plus de 1 000 °C. Les molécules qui s'en dégagent sous forme de gaz sont en quelque sorte pesées dans un spectromètre de masse, ce qui dévoile leur identité. C'est ainsi que la Française a publié en mars 2025 la découverte des plus longues molécules organiques jamais trouvées sur Mars. Ce sont des alcanes composés de chaines de 10, 11 et 12 atomes de carbone. Or, les alcanes peuvent dériver des acides gras constituant les membranes des cellules. *« Dans un laboratoire terrestre, je compterais si les alcanes qui ont un nombre pair d'atomes de carbone sont plus fréquents que ceux au nombre impair, comme c'est le cas dans le vivant sur Terre »*, envisage Caroline Freissinet.

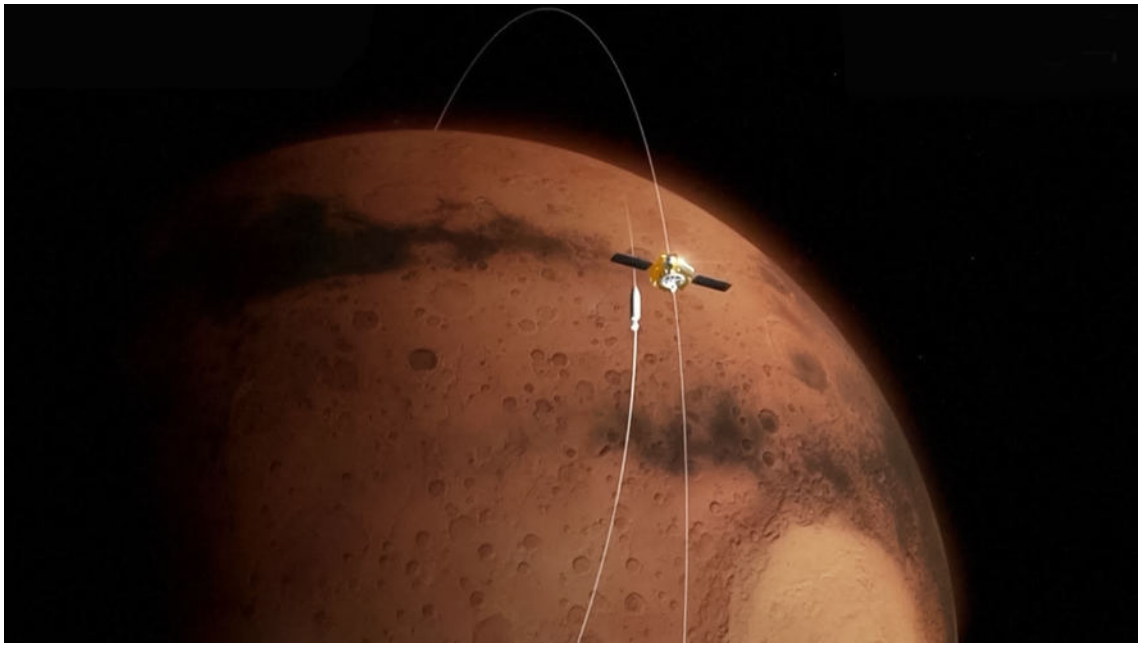
Gauche ou droite, ou les deux ?

Autre indice pointant vers une activité biologique : la chiralité. Une molécule est chirale si elle peut exister sous deux formes qui sont l'image l'une de l'autre dans un miroir mais ne sont pas superposables (comme nos deux mains). En principe, les deux formes ont autant de chances d'exister. Or, la vie sur Terre n'utilise qu'une seule des deux formes pour certaines molécules, comme les acides aminés et les sucres. Trouver une plus grande proportion de molécules « gauches » que de « droites » (ou l'inverse) *« est pour moi la plus forte biosignature que l'on puisse détecter*, estime la scientifique, qui a fait sa thèse de doctorat sur le sujet. *La chiralité procure aux protéines une meilleure stabilité, bénéfique pour la vie. »*

La cosmochimiste et ses confrères partiront sans nul doute à la recherche des acides aminés dans les échantillons martiens. Ces briques composent les longues protéines à l'œuvre dans nos organismes. Elles n'ont jamais été trouvées sur la planète rouge. On en voit pourtant sur les astéroïdes, et même dans les nuages interstellaires ! *« Les acides aminés sont notre plus grande non-découverte sur Mars »*, déclare Caroline Freissinet. S'agira-t-il de rechercher les 22 acides aminés employés par la vie terrestre parmi plus de 500 espèces existantes dans la nature ? Pas nécessairement. *« Il était très aléatoire que la vie sur Terre décide d'utiliser spécifiquement ces vingt-deux là. Ce serait une coïncidence monstrueuse qu'il en soit de même ailleurs. On regardera plutôt leur distribution. »* Autrement dit, on examinera si les petits acides aminés (ceux qui possèdent le moins d'atomes) sont plus nombreux que les gros, comme c'est statistiquement le cas en l'absence de vie. Ou bien est-ce que 10, 20 ou 30 d'entre eux seront surreprésentés, tels les rouages d'une machinerie moléculaire complexe à l'œuvre sur Mars…

La valeur scientifique du premier échantillon de Mars n'est plus à prouver. Mais encore faut-il rapporter sur Terre ce Graal de la planétologie… Deux missions ont cette même ambition. La pre-

La Chine pourrait être la première nation à rapporter un échantillon de Mars en 2031 en cas de succès de sa mission Tianwen 3



Pour rapporter un échantillon sur Terre, il faudra d'abord le récupérer sur orbite martienne après qu'une petite fusée a décollé, pour la première fois, de la planète rouge.
© CMSA

mière américaine, MSR, a du plomb dans l'aile. Jugée hors budget sous Joe Biden, elle pourrait se voir rayée du budget fédéral pour 2026 avec Donald Trump. Elle était censée récupérer les dizaines d'échantillons actuellement prélevés par Perserverance… Le rover à 2,5 milliards de dollars de la Nasa s'activerait-il pour rien ? *« Sa mission* [récolte d'échantillons, NDLR] *a été conçue comme première étape, indépendante de la seconde* [retour d'échantillons] », se console Agnès Cousin, de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie. Un délai serait donc permis : *« Dans leurs capsules étanches, les roches seront préservées »*, note la chercheuse.

Forer le sol jusqu'à 2 m de profondeur

La seconde mission est chinoise. Son objectif n° 1 est aussi la recherche de vie passée, qui était au cœur d'une rencontre entre scientifiques chinois à Hefei en avril 2025, à laquelle Agnès Cousin a participé. On sait peu de choses sur la sonde Tianwen 3, mais d'après les informations de *Ciel & espace*, il s'agira d'envoyer un simple atterrisseur qui forera la croûte martienne jusqu'à 2 m de profondeur avant de propulser son prélèvement dans l'espace. Voilà qui contraste avec les échantillons de surface collectés par Perseverance *« dont les plus intéressants en matière de recherche de vie sont, les roches sédimentaires récoltées à partir du pied du delta de rivière, puis sur les bords du cratère Jezero »*, selon Agnès Cousin. *« Demandez aux scientifiques s'ils préfèrent dix échantillons de la surface de Mars ou un seul recueilli à 2 m de profondeur, vous aurez la moitié de réponses pour chaque option*, commente Caroline Freissinet. *Pour moi, c'est un seul en profondeur. »* Vu les menaces qui pèsent sur la mission américaine, la Chine pourrait bien tenter l'aventure en premier. Si Tianwen 3 est lancée en 2028 comme prévu et couronnée de succès, le fruit de sa récolte sera de retour sur Terre en 2031. La première forme de vie extraterrestre jamais découverte le sera-t-elle par le Céleste Empire ?

(1) Cette citation et les précédentes sont issues du sommet « Humains vers la Lune et Mars » à Washington DC les 28 et 29 mai 2025.

(2) Laboratoire atmosphères, observations spatiales.

SOMMES-NOUS SEULS DANS LA GALAXIE ?
L'ÉQUATION QUI GUIDE LES CHASSEURS D'E.T.

Existence de planètes habitables, probabilité qu'une vie puisse s'y développer au point de produire une civilisation capable de communiquer par-delà les étoiles… Autant de conditions que les scientifiques de l'Institut Seti tentent de préciser pour calculer nos chances, un jour peut-être, de capter un message extraterrestre.

Émilie Martin

À l'Institut Seti, le ton est donné dès l'entrée : la silhouette de Franck Drake nous accueille en montrant sa célèbre équation, raison d'être de cet organisme consacré à la quête d'une intelligence extraterrestre. © É. Martin/CSE

$N = R_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$. Quand on entre dans les bureaux de l'Institut Seti [1] à Mountain View, en plein cœur de la Silicon Valley, c'est la première chose qui attire le regard. Sur fond de mur noir, l'équation de Drake s'affiche en lettres de lumière. L'inconnue N désigne le nombre de civilisations actuellement en train d'émettre dans la Galaxie, et donc potentiellement détectables. L'auteur de la formule, Franck Drake, se tient juste devant, silhouette grandeur nature en carton, tout sourire. Vous voilà prévenu : vous pénétrez dans le temple de la recherche d'intelligence extraterrestre. La quête a débuté en 1960 sous l'impulsion de Drake. L'astronome alors en poste à l'observatoire radio de Green Bank lance le Projet Ozma : à l'aide d'une antenne de 25 m de diamètre, il écoute pendant trois mois deux étoiles de type solaire, Tau Ceti et Epsilon Eridani, à l'affût de signaux radio diffusés par d'hypothétiques aliens. S'il fait chou blanc, Drake suscite tant d'intérêt avec son expérience qu'on l'encourage à organiser à Green Bank en novembre 1961 une rencontre entre éminents scientifiques de l'époque afin de discuter de la possibilité de détecter un jour un signal extraterrestre.

Pour mieux cadrer les débats, Drake élabore une équation composée de sept facteurs. Allumés ici, tels des cierges sur un autel, R_*, f_p, n_e, f_l, f_i, f_c désignent dans l'ordre : le taux annuel de formation d'étoiles dans notre galaxie ; la fraction d'étoiles entourées de systèmes planétaires ; le nombre de planètes habitables [2] par système ; la fraction de ces planètes sur lesquelles la vie émerge ; la fraction de ces dernières où cette vie devient intelligente ; la fraction de ces sociétés intelligentes qui développent des moyens de communication interstellaire, et enfin la durée moyenne durant laquelle ces civilisations émettent des signaux détectables. Les six premiers termes multipliés ensemble donnent le nombre de civilisations technologiquement avancées apparaissant chaque année dans la Voie lactée. Reste à multiplier ce nombre par L — la durée moyenne d'émission d'une civilisation — pour obtenir N, le nombre de civilisations actuellement en train d'émettre dans notre galaxie. Plus facile à dire qu'à faire. À l'aube des années 1960, aucun des sept facteurs n'est connu, à part R_*, le nombre de nouvelles étoiles par an : environ 20. Qu'importe : *« Les conférenciers échangèrent leurs meilleures estimations*, raconte Seth Shostak, astronome à l'Institut Seti. *À l'issue des discussions, la valeur de N était comprise entre 1 (la Terre abriterait la seule civilisation galactique émettrice) et… plusieurs millions. »* Dix mille, estime Drake lui-même.

L'exobiologiste Nathalie Cabrol arpente l'Altiplano et l'Atacama à la recherche de formes de vie extrémophiles. *« Statistiquement, dire que nous sommes seuls dans l'Univers est une absurdité »*, affirme-t-elle. © A. Frazzetta

Bouteille à la Voie lactée

Grâce au père fondateur et à son sens de la formule, la recherche Seti décolle. Plusieurs campagnes d'écoutes systématiques du ciel sont menées au cours des deux décennies suivantes. Autant de bouteilles envoyées dans l'océan cosmique, dont le célèbre message d'Arecibo, émis depuis la vaste antenne installée à Porto Rico. Même la Nasa

La cofondatrice de l'Institut Seti en 1984 a été popularisée par le film *Contact*. Jill Tarter a voué sa carrière à la recherche de financements nécessaires pour mener la quête de vie intelligente dans l'Univers.
Photos © É. Martin/CSE

s'en mêle en finançant un petit projet de recherche d'intelligence extraterrestre. C'est sur la base de ce premier financement que Jill Tarter cofonde l'Institut Seti en novembre 1984, une organisation à but non lucratif vouée à la résolution de l'équation. Popularisée en 1997 par Jodie Foster dans le film *Contact*, l'astronome a consacré sa carrière à la recherche de financements pour maintenir à flot le navire Seti, souvent menacé de couler faute de subsides. *« Fin 2023, nous avons reçu un legs historique de 200 millions de dollars de la part de Franklin Antonio, cofondateur de la société Qualcomm*, se félicite-t-elle. *C'est énorme ! Nous allons enfin pouvoir réaliser un vieux rêve : construire le One Hectare Telescope (1HT), un observatoire d'une surface collectrice de 10 000 m², composé de 350 antennes radio de 6 m. Les travaux vont commencer sur le site de l'Allen Telescope Array* [l'ATA est un observatoire Seti situé à Hat Creek en Californie du Nord, et composé de 42 antennes de 6 m, NDLR], *dont nous sommes d'ailleurs en train de doubler la sensibilité »*, note Jill Tarter. *« La recherche Seti est en effervescence*, embraye Andrew Siemion, directeur du centre de recherche Seti de l'université de Berkeley. *Elle mobilise cent fois plus de scientifiques qu'il y a quinze ans, et l'arrivée de l'IA va nous aider considéra-*

$$N = R_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

Nombre de civilisations à la technologie avancée dans la Voie lactée

Taux de formation (*rate*) d'étoiles dans notre galaxie par an

Part des étoiles dotées de **planètes**

Nombre de planètes à l'**environnement** propice à la vie, par système planétaire

Part de ces planètes où la **vie** (*life*) apparait effectivement

Part de ces planètes où apparait une vie **intelligente**

Part de ces planètes capables et désireuses de **communiquer**

Durée (*lenght*) moyenne d'une telle civilisation, en années

blement pour traiter la masse de données que nous collectons, non seulement avec l'ATA, mais aussi avec les réseaux de télescopes Very Large Array, au Nouveau-Mexique, ou encore Meerkat et bientôt le Square Kilometre Array, tous deux en Afrique du Sud. »

Dans ce contexte faste, où en est la résolution de la mythique équation ? R_* n'a guère changé en six décennies. Les astronomes estiment toujours que 20 étoiles se forment chaque année dans la Voie lactée. En revanche, le facteur f_p a évolué de façon radicale. À l'heure où nous écrivons ces lignes, 5 912 exoplanètes ont été découvertes autour de 4 409 étoiles. Frank Drake en avait rêvé : Michel Mayor et consorts l'ont fait. *« La moisson de planètes récoltée est extraordinaire ! »* sourit Uma Gorti. Longez l'équation de Drake illuminée, faites quelques pas dans l'open space baigné de lumière californienne, tournez à droite après la collection de fossiles sous vitrine, vous voilà dans le bureau de l'astrophysicienne. *« Je travaille sur les deux premiers termes de l'équation. J'étudie les conditions initiales dans lesquelles naissent les étoiles et leurs planètes*, explique Uma Gorti. *Même s'il reste encore de nombreux secrets à lever, nous en savons suffisamment aujourd'hui pour estimer que chaque étoile de la Galaxie abrite en moyenne deux planètes. »* Un système planétaire par étoile, donc. *« Mais admettons que les plus petites étoiles en sont dénuées et que $f_p = 0,5$, cela donne tout de même 100 milliards de systèmes planétaires dans la Galaxie ! »*

> « La recherche Seti mobilise cent fois plus de scientifiques qu'il y a quinze ans, et l'IA va nous aider considérablement pour traiter la masse de données que nous collectons. »
> **Andrew Siemion, directeur du centre de recherche Seti à Berkeley**

Une vie difficile

Vêtu d'un habit de motard, casque à la main, cheveux ébouriffés, Pascal Lee vient d'arriver dans les locaux du Seti. Il y a encore quelques semaines, le planétologue français était en exploration sur l'île Devon, dans l'Arctique, un territoire glacé considéré comme un analogue martien [lire p. 54]. En plus d'étudier l'habitabilité de la planète rouge, il bûche depuis de nombreuses années sur l'ensemble de l'équation. C'est donc en connaisseur qu'il examine les termes suivants. La valeur de n_e (nombre de planètes propices à la vie par système planétaire) ? *« Une*, prédit-il. *Si l'on prend en compte les effets de marée, les atmosphères qui réchauffent, les sous-sols qui protègent… il y a très probablement au moins un corps (planète ou satellite) par système sur lequel l'eau liquide peut exister de façon pérenne. Prenez Mars, par exemple : elle a beau se situer en dehors de la zone habitable du Soleil et donc ne pas être recouverte d'eau, elle cache tout de même des poches d'eau liquide souterraine, où il n'est pas exclu que la vie ait pu apparaitre. »* Pour f_l justement (la fraction de ces planètes habitables où la vie a surgi), le chercheur est tout aussi optimiste : *« Sur Terre, les plus anciennes roches connues portent des traces biologiques. Par ailleurs, on retrouve des briques élémentaires de la vie, aussi bien dans le milieu interstellaire que récemment dans les échantillons collectés par Osiris-Rex sur l'astéroïde Bennu. Tout cela suggère que la vie pourrait être un phénomène assez facile, donc fréquent. J'estime f_l à 50 %, soit 0,5. »*

Ce n'est pas l'exobiologiste Nathalie Cabrol qui va le contredire. Aujourd'hui directrice du centre de recherche Carl Sagan dédié à sa discipline au sein de l'Institut Seti, elle déclarait en 2023 : *« Statistiquement, dire que nous sommes seuls dans l'Univers est une absurdité. »* En ce jour de printemps 2025, elle revient tout juste d'un voyage dans l'Altiplano chilien, un terrain qu'elle a maintes fois arpenté à la recherche d'extrémophiles,

Chaque employé de l'Institut Seti étudie un ou plusieurs termes de l'équation de Drake. Uma Gorti se concentre sur les deux premiers facteurs : le taux de formation d'étoiles dans notre galaxie, et la part des étoiles dotées de planètes.

ces organismes capables de s'épanouir dans des conditions infernales. *« Outre les extrémophiles, ce que je traque désormais dans l'Altiplano, ce sont les traces que laissent les organismes sur leur environnement*, explique-t-elle. *Dès que la vie est apparue sur Terre, elle a tout changé : l'atmosphère s'est chargée en oxygène, de nouveaux minéraux ont été créés — sans la vie, 35 % des minéraux terrestres n'existeraient pas ! Je viens de soumettre à la Nasa une proposition de mission dédiée à la détection (sans doute via des drones et à l'aide de l'IA) de ces signatures de coévolution dans le Système solaire ou sur les exoplanètes. »*

I comme intelligence

Parmi tous ces potentiels systèmes vivants qui ont modifié leur paysage extraterrestre, combien ont évolué vers l'intelligence ? Pour f_i, la statistique est tout de suite moins favorable. *« Sur Terre, des milliards d'années (Ma) se sont écoulées entre l'émergence de la vie (il y a 4 Ma) et l'apparition d'*Homo erectus*, capable de forger des outils, il y a seulement un million d'années. Cela signifie que seuls 2 dix-millièmes du temps d'existence de la vie ont été marqués par une intelligence technique*, souligne Pascal Lee. *Ce n'est bien sûr pas un calcul rigoureux, mais on peut se servir de ce rapport pour obtenir un ordre de grandeur de probabilité. Il est raisonnable de supposer que, parmi les systèmes vivants, seuls 2 dix-millièmes d'entre eux évoluent vers l'intelligence. »* $f_i = 0{,}000\,2$, donc. *« Et parmi elles, ne comptons pas sur plus de 10 % engagés dans une correspondance cosmique* [comprenez, $f_c = 0{,}1$]. *Car l'intelligence technique n'est pas synonyme de communication interstellaire ! poursuit le chercheur. Ce n'est que depuis que Maxwell a formulé les équations de l'électromagnétisme en 1865 que nous sommes en mesure d'émettre et d'écouter des signaux radio. Alors, imaginez une civilisation capable de technologie, mais*

Franck Marchis mène de nombreux projets innovants au sein de l'Institut Seti. Il dirige notamment une succursale de l'Institut, installée à San Francisco et dédiée à la quête d'E.T. via les lasers. Photos © É. Martin/CSE

qui, parce qu'elle est aquatique ou parce que sa planète est constamment recouverte de nuages, ne verrait pas les étoiles. Elle n'aurait jamais l'idée d'entrer en contact avec "les autres" ! »

Inspirée par les étoiles, par Maxwell et par Drake, l'humanité, elle, explore tous les canaux possibles de communication. San Francisco, un jour plus tôt. *« En plus de la radio, il faut observer d'autres fréquences pour augmenter nos chances de succès »*, estime Franck Marchis. Allure de businessman sportif typiquement californienne, toujours accompagné de sa chienne Stormy, l'astronome franco-américain dirige une succursale de l'Institut Seti aménagée il y a peu au cœur de la vibrante cité. L'antenne de la maison mère est consacrée à une nouvelle stratégie d'écoute des E. T. : le laser. *« Une civilisation avancée qui aurait commencé à explorer son système planétaire aurait sans doute recours au laser pour communiquer avec ses stations, voire utiliserait des lasers très puissants afin de propulser des voiles solaires, comme le projet Breakthrough Starshot envisage de le faire à destination de Proxima du Centaure. Si nous sommes bien alignés avec ces systèmes, nous pourrions potentiellement intercepter ces émissions »*, explique le chercheur.

Ici, les équipes fabriquent donc des instruments capables de détecter ces phares dans la nuit cosmique. Un signal laser apparaitrait sur le ciel comme un point monochrome caractéristique. *« Nous utilisons pour le capter deux caméras CCD qui prennent à la fois une image et un spectre lumineux de chaque point d'un champ de 30°. Nous avons déjà déployé nos instruments en Californie, à Hawaï, en Arizona. Mais il y en aura bientôt d'autres à Porto Rico, à Londres, en Inde… Notre objectif est de couvrir 60 % du ciel d'ici un an, puis à terme 100 %. Si un signal laser suffisamment puissant est émis par des extraterrestres dans notre direction, nous le détecterons. »* Encore faut-il qu'E.T. ait le temps d'émettre avant de disparaitre. *« Nos plus grandes civilisations (les Égyptiens, les dynasties chinoises…) n'ont guère duré plus de quelques milliers d'années*, rappelle Pascal Lee. *J'estime donc que L (la durée moyenne d'émission d'une civilisation intelligente) est égal à 10 000. Bien sûr, c'est très spéculatif. Mais au regard de notre histoire et de nos comportements actuels, c'est presque optimiste. »*

« À l'image des ampoules d'une guirlande clignotante, il est fort possible que les sociétés intelligentes capables de communiquer ne s'allument jamais en même temps »

Pascal Lee

Durée technologique

Résumons : $R_* = 20$; $f_p = 0,5$; $n_e = 1$; $f_l = 0,5$; $f_i = 0,000\,2$; $f_c = 0,1$; $L = 10\,000$. Résultat… $N = 1$. *« La Voie lactée grouille peut-être de formes de vies fascinantes, mais il est fort possible que les sociétés intelligentes capables de communiquer ne s'allument jamais en même temps, comme les ampoules d'une guirlande clignotante, de sorte qu'une seule serait actuellement en train d'émettre dans la Galaxie : la nôtre*, indique Pascal Lee. *Attention, cela ne veut pas dire que nous sommes seuls dans l'Univers : il y a des centaines de milliards de galaxies dans le cosmos ! Mais il est assez probable que nous soyons seuls dans la Voie lactée. Cette solitude ne doit pas nous décourager*, ajoute le chercheur. *Au contraire, elle nous impose une responsabilité : puisque personne ne viendra nous sauver, nous devons prendre soin de nous-mêmes et de notre planète. » « La solution $N = 1$ que propose Pascal Lee est très dépendante de L*, commente Jill Tarter. *Or, il est tout à fait possible que les sociétés technologiques parviennent à durer bien plus longtemps que 10 000 ans. Sommes-nous seuls dans la Galaxie ? Je n'ai pas de croyance à ce sujet, cela relèverait de la religion. Je fais de la science : c'est pour tenter d'apporter une réponse à cette question que je me lève chaque matin. Une chose est sûre : si nous ne cherchons pas, nous ne trouverons pas. »*

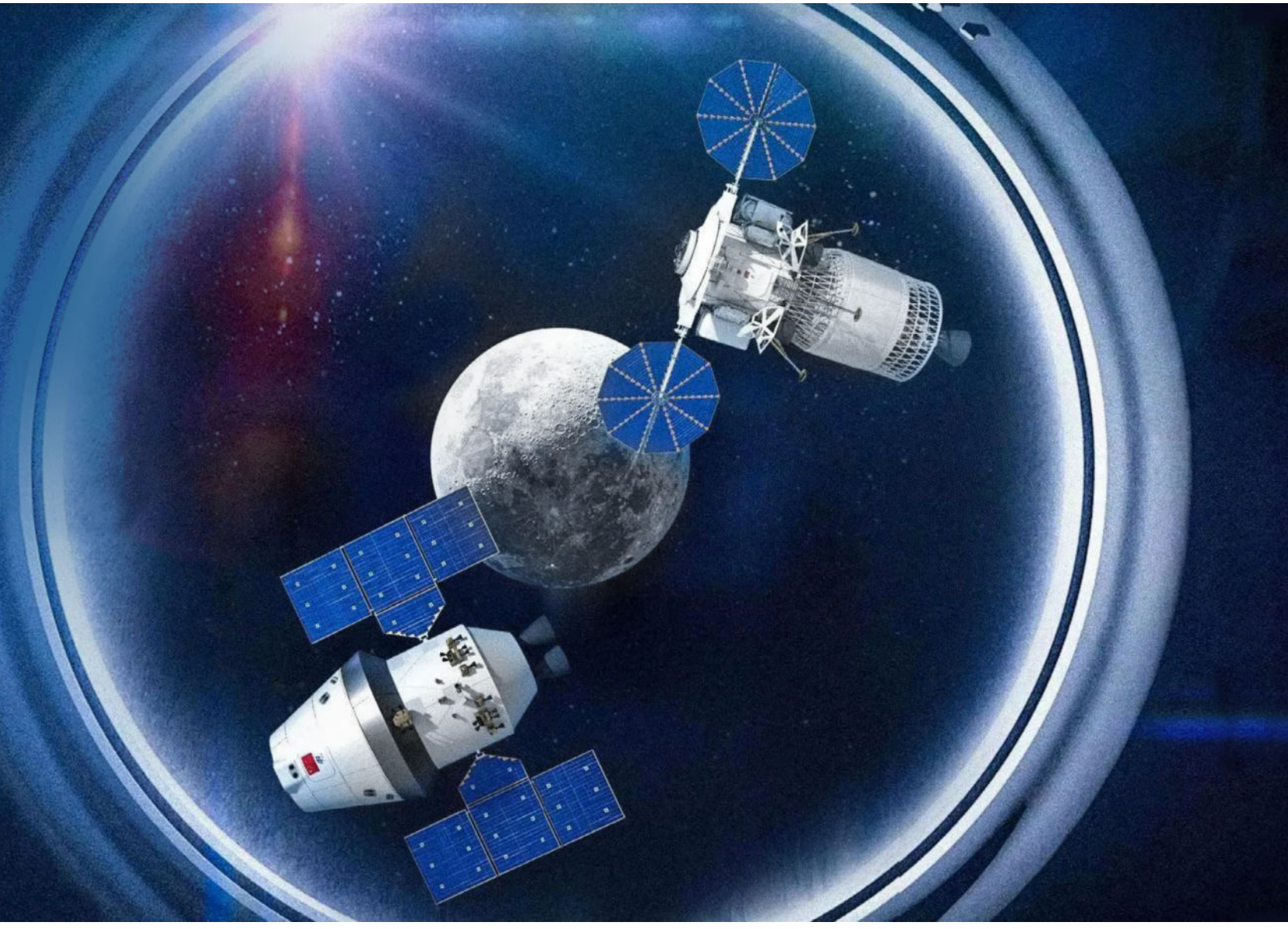
(1) Seti : Search for Extraterrestrial Intelligence.

(2) C'est-à-dire situées dans la région tempérée autour de leur étoile, ce qui permet à l'eau de perdurer à l'état liquide à leur surface.

COMMENT LA CHINE COMPTE MARCHER SUR LA LUNE AVANT 2030

Faisant écho au défi lancé par John F. Kennedy aux États-Unis d'atterrir sur la Lune, la Chine compte envoyer deux astronautes sur la surface lunaire « avant 2030 ». Des informations sur le plan de vol et l'avancement du projet ont filtré au printemps.

Andrew Jones



Aux prémices du programme Apollo, au début des années 1960, la Nasa s'était posé une question : pour atteindre la Lune, vaut-il mieux deux lancements avec un rendez-vous en orbite terrestre, ou un seul lancement qui permet d'emporter tous les vaisseaux nécessaires ? La Nasa avait choisi la seconde solution, rendue possible par l'imposante fusée Saturne 5. Aujourd'hui, la Chine opte pour la première : sa mission lunaire habitée utilisera deux fusées. Deux Longue Marche 10 (LM 10), conçues pour envoyer 27 tonnes en orbite de transfert lunaire, décolleront de la base de Wenchang, installée sur l'ile de Hainan, au sud du pays. Elles lanceront séparément un vaisseau habité et un atterrisseur. Ceux-ci effectueront ensuite un rendez-vous et s'amarreront en orbite lunaire, avant une tentative d'atterrissage historique.

Le vaisseau habité, baptisé Mengzhou (« Vaisseau de rêve »), transportera trois astronautes. Sous le nom de « vaisseau spatial habité de nouvelle génération », il a déjà effectué deux vols d'essai sans équipage, le plus récent étant réalisé en 2020 avec une Longue Marche 5B. Mengzhou constitue une amélioration significative du vaisseau orbital Shenzhou, car il est capable de voyager dans l'espace lointain et est partiellement réutilisable. D'une masse d'environ 21 tonnes, il comprend un module de service et un module de rentrée. L'atterrisseur avec équipage s'appelle Lanyue (« embrasser la Lune »). Il a été dévoilé au salon aéronautique de Zhuhai 2023. Lanyue est composé de deux modules : un étage de propulsion pour la descente jusqu'à proximité de la surface lunaire, où il se séparera et percutera le sol à distance de sécurité, et un étage d'atterrissage qui se posera en douceur et servira aussi à la remontée vers l'orbite lunaire. Deux astronautes prendront place à

La Chine dispose de deux bases de lancement. Celle de Wenchang devrait servir aux missions habitées vers la Lune.

Pour poser des astronautes sur la Lune, la Chine développe un nouveau vaisseau à trois places (en bas à gauche) et un atterrisseur à deux places en partie réutilisable (en haut à droite). Le vaisseau principal a déjà effectué deux vols d'essai sans équipage (ci-dessous). DR

bord de Lanyue, tandis que leur collègue les attendra dans Mengzhou. Bien que de conception différente, Lanyue semble comparable par sa taille et sa masse au module lunaire d'Apollo.

Un rover non pressurisé sera également de la partie pour les sorties extravéhiculaires. Le Bureau chinois d'ingénierie spatiale habitée (CMSEO) a sélectionné deux modèles : l'un de l'Académie chinoise des technologies spatiales (CAST) et l'autre de l'Académie de technologie des vols spatiaux de Shanghai (SAST), deux structures rattachées à la China Aerospace Science and Technology Corporation (CASC), une entreprise publique. Le rover retenu portera le nom de Tansuo (« explorer »). Il pèsera environ 200 kg et aura une autonomie de 10 km, selon l'appel à propositions de 2023.

La Chine a dévoilé en septembre 2024 le design extérieur de sa combinaison spatiale destinée aux missions d'alunissage, conçue par les astronautes Wang Yaping (la deuxième femme chinoise à voler dans l'espace) et Zhai Zhigang. Baptisée Wangyu (« Regarder le cosmos »), ce scaphandre comprend des dispositifs de protection contre la chaleur, les radiations et la poussière lunaire. Son casque sera muni d'une visière panoramique antireflet et de caméras à focales courte et longue.

Une mission de 6 heures

La mission de surface devrait durer environ 6 heures, d'après des informations datant de 2022. Cependant, on ne sait pas si cela fait référence au temps total d'atterrissage, au temps d'activité extravéhiculaire, ou encore si le profil de la mission a changé. On ne sait pas non plus où les astronautes se poseront. La Chine n'a pas encore annoncé de sites d'atterrissage officiels, bien que des études aient été menées. Si certains spéculent sur une proximité du pôle Sud (cible des sondes Chang'e 7 en 2026 et Chang'e 8 en 2028 ou 2029), une zone proche de l'équateur semble plus probable, au moins pour le premier atterrissage à titre de démonstration. En effet, en février 2025, le CMSEO a lancé un appel d'offres qui fournit des indices. Celui-ci concerne un satellite de télédétection lunaire chargé notamment du *« soutien au premier alunissage habité de la Chine et aux missions ultérieures »*. Plus précisément, l'engin doit *« obtenir des données topographiques et géomorphologiques de haute précision des basses latitudes lunaires »*, ce qui suggère une zone équatoriale, moins difficile pour la première tentative d'alunissage habité.

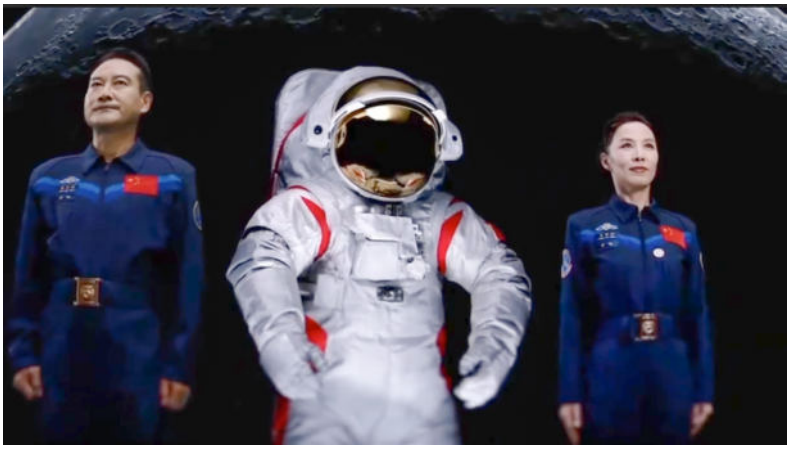
Un premier vol habité autour de la Lune dès 2026 ?

Bien que nous ayons une bonne idée de la forme que prendra la mission, les renseignements sur l'état d'avancement du matériel sont rares et assez vagues, mais suggèrent une forte dynamique. Des informations ont filtré lors d'une conférence de presse le 23 avril 2025, avant le lancement de la mission Shenzhou 20 vers la station orbitale Tiangong. Lin Xiqiang, directeur adjoint du CMSEO, a déclaré que la LM 10, le vaisseau Mengzhou, l'atterrisseur Lanyue, la combinaison Wangyu et le rover Tansuo avançaient comme prévu. *« À mesure de la conception des prototypes, les principaux tests au niveau système et intersystèmes progressent régulièrement*, a déclaré Lin. *À ce jour, nous avons terminé le test de compatibilité du système électrique intégré du lanceur LM 10, le premier test de largage à haute altitude du vaisseau habité Mengzhou et le test thermique complet de l'atterrisseur lunaire Lanyue. »*

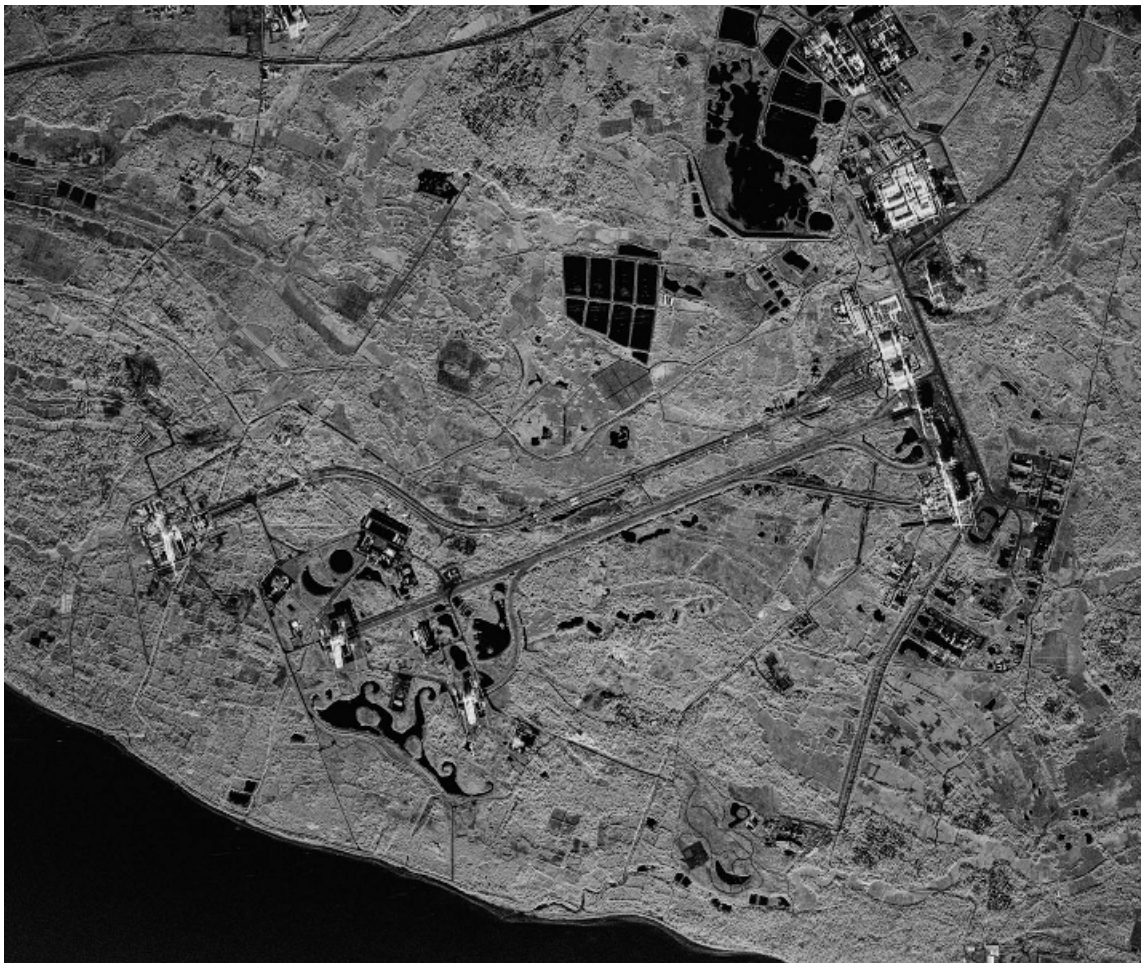
Prochains essais à Wenchang

Une série d'essais aura lieu ensuite à Jiuquan et à Wenchang. Parmi ceux-ci figurent *« un essai d'échappement à altitude zéro de Mengzhou* [réalisé avec succès le 17 juin, NDLR]*, un essai intégré de vérification de l'atterrissage et de l'ascension de Lanyue, un essai d'allumage captif de la LM 10, son essai en vol à basse altitude et un essai d'échappement à pression dynamique maximale de Mengzhou*, a indiqué Lin. *Ces tests permettront de contrôler les fonctions clés et les performances du matériel de vol. »* Des mises à jour individuelles sur chacun de ces tests pourraient survenir avant le lancement de Shenzhou 21, à l'automne 2025.

Parallèlement, d'autres infrastructures essentielles progressent comme prévu, selon Lin : *« la construction des systèmes terrestres, tels que le site de*



Le scaphandre lunaire chinois, présenté récemment, poursuit son développement sans retard. © CMSA



Cette image satellite d'une partie de la base de Wenchang montre les installations de lancement vers la Lune en cours de construction. On y voit, à gauche, deux pas de tir pour les Longue Marche 10 au bout d'une chaussée qui permet d'acheminer les fusées depuis leurs bâtiments d'assemblage (à droite).
© Umbra

lancement, les systèmes de communication de mesure et de contrôle, et le site d'atterrissage ». La Chine semble avancer de façon régulière sur tous les éléments nécessaires à cette entreprise colossale, et ce, avec une certaine clarté, même si cela n'est pas soumis à un examen extérieur. Plus difficiles à dissimuler seront les essais en vol de la Longue Marche 10, qui décollera de Wenchang aux yeux du public, plutôt que de la base militaire de Jiuquan, dans le désert de Gobi. Les premiers essais de mise à feu statique, et même un vol orbital, pourraient avoir lieu dès 2026. Par la suite, la Chine effectuera au moins deux vols d'essai, bien qu'il ne soit pas certain qu'ils soient tous deux habités. Une mission de circumnavigation lunaire, similaire à Apollo 8 et à la future mission américaine Artemis 2, est certaine, même si les plans officiels ne seront peut-être dévoilés que peu de temps avant.

Les missions habitées ne sont pas le seul projet de Pékin à destination de notre satellite naturel. Le lancement de la sonde automatique Chang'e 7 est également prévu pour 2026. Elle sera composée d'un satellite relais (Queqiao 2, déjà lancé), d'un atterrisseur, d'un rover et d'un robot sauteur destiné à la recherche de glace d'eau dans les cratères ombragés. Bien que de moindre envergure, cette mission témoigne des projets de la Chine pour une présence durable sur la Lune. En 2028 ou 2029, Chang'e 8 visera à nouveau un atterrissage au pôle Sud et testera l'utilisation des ressources *in situ*, dans le but ultime de vérifier si des habitats et des infrastructures peuvent être fabriqués sur place à partir de régolithe lunaire, contribuant ainsi à la construction de la Station internationale de recherche lunaire (ILRS) prévue dans les années 2030.

Selon des images récentes de la base de Wenchang, la tour de lancement pour la LM 10 est achevée, et une nouvelle plateforme d'observation surplombe les pas de tir. Dans quelques années, Wenchang sera probablement le théâtre d'un voyage historique vers la Lune et d'une nouvelle ère d'exploration.

ZHÚLÓNG, LA SPIRALE INATTENDUE

La plus lointaine galaxie spirale observée vient d'être découverte alors que l'Univers n'était âgé que d'un milliard d'années. Et sa grande précocité étonne pour une galaxie aussi évoluée que la nôtre !

Stéphane Fay

Théoriquement, la formation d'une galaxie spirale devrait prendre des milliards d'années. Et pourtant, Mengyuan Xiao (université de Genève) et son équipe viennent de découvrir Zhúlóng, une énorme spirale qui était déjà là alors que l'Univers n'avait qu'un seul milliard d'années. Zhúlóng, dans la mythologie chinoise, est un dragon qui crée le jour et la nuit en ouvrant et en fermant ses

yeux, symbolisant ainsi la lumière et le temps — ce qui va comme un charme à une galaxie si lumineuse à l'aube de l'Univers.

L'image de cette galaxie jugée extrêmement précoce a été obtenue grâce au télescope spatial James Webb (JWST), qui ne cesse de nous montrer des galaxies évoluées lorsque l'Univers était jeune. Si le JWST voit si loin, c'est parce qu'il est capable d'observer dans l'infrarouge. Or, l'expansion de l'Univers éloigne les galaxies de nous d'autant plus vite qu'elles sont loin, ce qui fait rougir leur lumière. C'est pourquoi la lumière d'une galaxie comme Zhúlóng — que l'on voit telle qu'elle était lorsque l'Univers avait 1 milliard d'années et qui se trouve aujourd'hui à environ 28 milliards d'années-lumière de nous, après avoir voyagé pendant près de 13 milliards d'années dans un Univers qui est vieux de 13,8 milliards — est aujourd'hui décalée vers l'infrarouge.

Sa découverte tient beaucoup à la chance. *« Nous cherchions des galaxies très rouges dans les données du JWST*, raconte Mengyuan Xiao. *Avec mon collaborateur Pascal Oesch, nous les avons alors inspectées visuellement et Zhúlóng nous a littéralement sauté aux yeux, tellement elle ressemblait aux galaxies de notre Univers local avec son noyau, son disque et ses bras spiraux. J'ai dit à Pascal, il faut que l'on écrive un papier là-dessus ! »* Sa forme est en effet inhabituelle à cette époque si proche du début de l'Univers. *« Regarder les galaxies avec nos propres yeux est toujours la meilleure méthode pour identifier leur structure*, approuve Chris-

La galaxie Zhúlóng a été découverte sur une image du télescope James Webb (page de gauche). Cette galaxie spirale se trouve aujourd'hui à 28 milliards d'années-lumière de nous. C'est la plus lointaine connue.
© NOIRLab/NSF/Aura/Nasa/CSA/ESA

tina Williams, du National Optical-Infrared Astronomy Research Laboratory (Tucson), qui a participé à l'étude. *De nombreuses galaxies primitives présentent des formes irrégulières, car elles commencent tout juste à se former et fusionnent avec d'autres galaxies. Aussi, Zhúlóng se distingue par sa structure spirale, semblable à celle des galaxies proches qui ont mis plus de 13 milliards d'années à évoluer.* » Les astronomes ont essayé de la repérer sur des images du télescope Hubble, mais elle n'y apparait pas. D'autres observations à des longueurs d'onde infrarouge plus grandes que celles du JWST (plus proche du visible) venant de télescopes Spitzer, Herschel ou encore Spire couvrent cette zone, mais on n'y voit nulle trace de Zhúlóng. Le réseau d'antennes millimétriques Alma a fait chou blanc, lui aussi. Cette découverte est donc un vrai coup de chance, mais il en faut en science, particulièrement pour des observations aussi difficiles.

Une grande maturité pour 1 milliard d'années

À quoi ressemble Zhúlóng ? Elle a tous les signes d'une galaxie évoluée avec son noyau, son disque et une grande structure spirale munie de bras

La galaxie NGC 3596 se trouve à 90 millions d'années-lumière. Elle nous permet d'imaginer ce à quoi ressemble la très lointaine Zhúlóng : un large disque avec de belles spirales autour d'un bulbe brillant.
© ESA/Hubble & Nasa

principaux partant du centre vers le nord et le sud. Encore un coup de chance, car la galaxie dont la surface du disque est visible aurait pu se présenter beaucoup plus sur sa tranche et on n'aurait rien vu ! Il est d'ailleurs étonnant que l'on ait pu repérer des bras spiraux sur une galaxie aussi lointaine. Une lentille gravitationnelle aurait-elle aidé les astronomes à mieux la voir, comme c'est parfois le cas ? *« Apparemment non, ou en tout cas, nous n'avons rien détecté de tel*, certifie Mengyuan Xiao. *En fait, grâce au JWST, nous disposons désormais d'images non seulement plus profondes, mais aussi d'une résolution plus élevée que jamais. Cela nous permet d'observer la structure de galaxies très lointaines avec une netteté bien supérieure à d'autres télescopes spatiaux ou terrestres, comme c'est le cas pour Zhúlóng, visible aussi grâce à sa grande taille. »* Son diamètre est en effet de plus de 62 000 années-lumière (a.-l.), une taille comparable à celle de la Voie lactée avec ses 100 000 a.-l. C'est énorme pour l'époque, car les galaxies contemporaines de Zhúlóng font plutôt entre 1300 et 6500 a.-l. Si son noyau est bien visible, c'est grâce à la lumière de ses étoiles qui permet de dire qu'elles sont plus concentrées au centre. Ce noyau ressemble fort à ceux que l'on peut observer dans les galaxies modernes.

Les populations d'étoiles semblent différentes dans les parties internes et externes de Zhúlóng. Dans son noyau, elles sont vieilles et leur formation semble s'être quasiment arrêtée après avoir été intense. Au contraire, dans le disque, les étoiles sont plus jeunes et il s'en forme toujours. Cependant, en tout et pour tout, Zhúlóng ne semble former en moyenne que l'équivalent de 66 étoiles comme le Soleil par an, dix fois moins que d'autres galaxies de la même époque, ce qui est rare et témoigne là encore de son évolution avancée. *« Dans l'Univers primordial, l'écrasante majorité des galaxies croissent encore, formant activement de nouvelles étoiles*, raconte Christina Williams. *Cela s'explique par la présence d'une grande quantité de gaz froid dans l'Univers, carburant de la formation stellaire, et par l'attraction gravitationnelle entre ce gaz et les galaxies, ce qui les fait croître lorsqu'elles l'accrètent. À un moment donné, quand les galaxies deviennent très massives, elles cessent en général de donner naissance à de nouvelles étoiles et de grandir. On les qualifie alors de quiescentes. »* Ainsi, Zhúlóng semble avoir atteint la fin de sa phase de croissance assez tôt, seulement 1 milliard d'années après le big bang. *« Nous ne disposons pas d'explication valable pour savoir pourquoi elle aurait un taux de formation d'étoiles si bas par rapport à ses contemporaines alors que le gaz est abondant*, poursuit l'astronome. *La majorité des galaxies quiescentes de l'Univers ne cessent de croître que plusieurs milliards d'années plus tard. »*

« Grâce au JWST, nous disposons désormais d'images non seulement plus profondes, mais aussi d'une résolution inédite. Cela nous permet d'observer la structure de galaxies très lointaines », explique Mengyuan Xiao, dont l'équipe a découvert Zhúlóng. DR

Encore des incertitudes

Toutes ces caractéristiques font de Zhúlóng une galaxie très similaire aux galaxies spirales actuelles. Peut-on en apprendre davantage ? *« J'aimerais beaucoup obtenir un spectre de Zhúlóng*, songe Christina Williams. *Il nous permettrait de déterminer sa distance exacte, ce qui est bien plus précis que la distance estimée à partir des couleurs mesurées grâce aux photos prises avec Nircam, l'un des quatre instruments du JWST. »* Il est en effet arrivé que des galaxies que l'on croyait lointaines sur des images optiques se révèlent en fait bien plus proches sur leur spectre, qui est donc crucial pour s'assurer de la nature primitive de Zhúlóng. *« Après cela, nous prévoyons d'utiliser le JWST et le réseau d'antennes Alma pour réaliser une analyse fine du noyau de la galaxie jusqu'à son disque*, espère Mengyuan Xiao. *Les spectres du JWST nous diront si elle abrite réellement un ancien bulbe et un jeune disque de formation d'étoiles, des données essentielles à la compréhension de l'histoire de sa formation. »* Ce n'est qu'après toutes ces analyses que l'on sera enfin sûr que Zhúlóng ressemble bien à notre Voie lactée, qu'elle est aussi ancienne qu'on le croit, et que l'on pourra se demander comment une galaxie peut devenir aussi massive et mature après seulement un milliard d'années d'évolution, alors que la Voie lactée en a mis plus de treize !

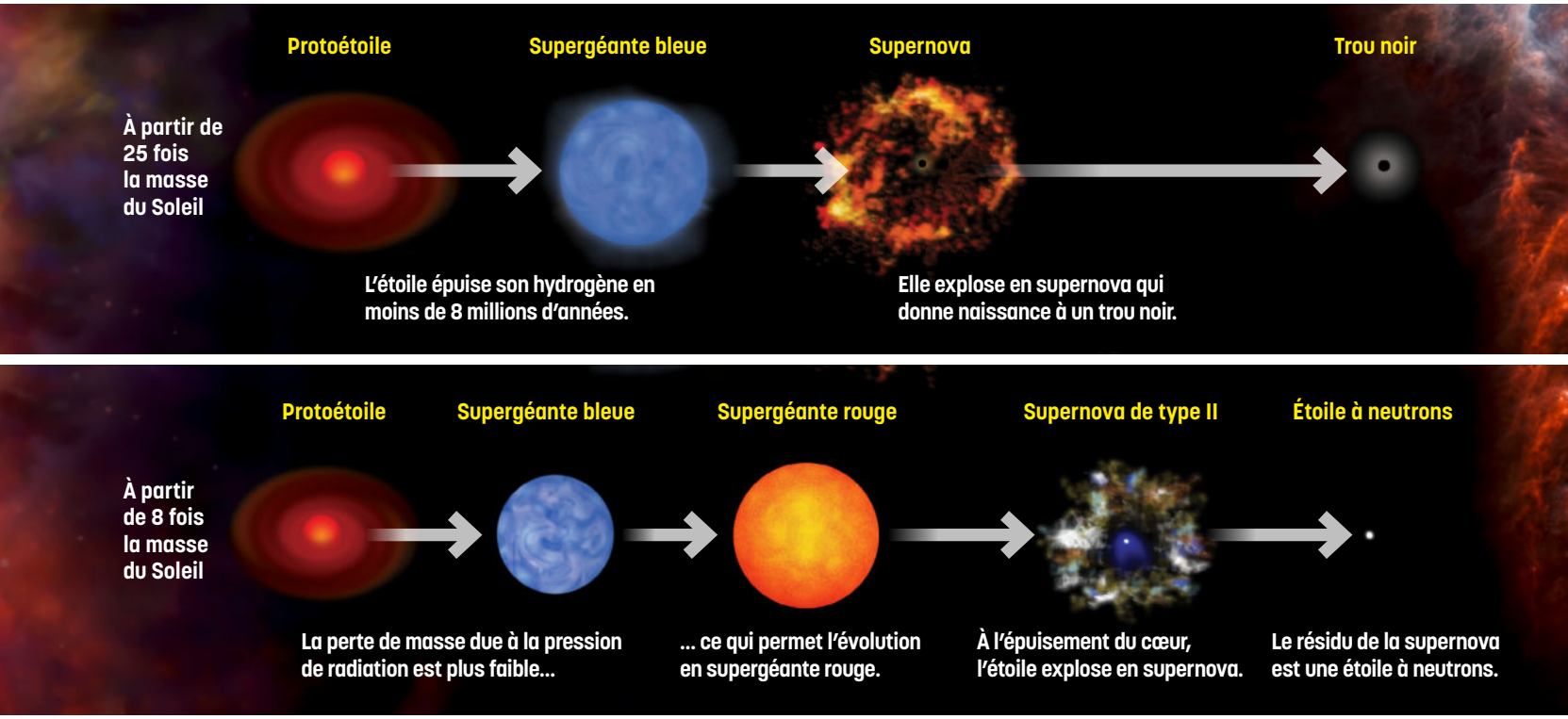
ÉTOILES À QUARKS : VOUS AVEZ DIT ÉTRANGE ?

Il existerait dans l'Univers des objets bien plus bizarres que les trous noirs ou les étoiles à neutrons : des astres entièrement constitués de particules élémentaires. L'observation récente d'un sursaut gamma inhabituel relance aujourd'hui la quête de ces étoiles hors normes.

Mathis De Géa

Parmi la multitude d'astres qui peuplent l'Univers, certaines étoiles pourraient bien être étranges… au sens propre du terme. Ces objets hypothétiques seraient composés de « matière étrange », un état de la matière où les quarks, ces briques élémentaires des noyaux atomiques, ne sont plus confinés au sein des protons et des neutrons. Imaginés il y a plusieurs décennies, ces astres combleraient ainsi un vide dans notre compréhension de l'effondrement stellaire. Trop denses pour rester de simples étoiles à neutrons, mais pas assez pour devenir des trous noirs, certaines étoiles finiraient donc leur vie dans une sorte d'état intermédiaire. Pourtant, malgré les prédictions théoriques, personne ne les a encore observées avec certitude. Un sursaut gamma

Selon leur taille, les étoiles massives en fin de vie évoluent en étoile à neutrons ou en trou noir. Mais une situation intermédiaire est envisagée pour ce stade ultime : l'étoile à quarks, composée de « matière étrange ». Illustrations © C&E



inhabituel détecté récemment aurait été produit par la formation d'une telle étoile, selon une équipe chinoise.

Les avancées de la physique au XXe siècle ont permis de mieux comprendre la vie et la mort des étoiles. Grâce à la relativité générale d'Einstein, les astronomes ont établi que le cœur d'une étoile en fin de vie s'effondre. La physique quantique éclaire ensuite le destin de cette matière dense. *« Les étoiles ordinaires comme le Soleil brillent grâce à la fusion de l'hydrogène en hélium, au cours d'une phase baptisée séquence principale »*, explique le physicien Jean-Loïc Kneur, du laboratoire Charles Coulomb à l'université de Montpellier. Ces réactions de fusion nucléaire créent une force de pression qui s'oppose à la gravitation et empêche l'étoile de s'effondrer. *« Cet équilibre permet aux étoiles de vivre des dizaines de millions d'années à plusieurs milliards d'années »*, indique le chercheur.

Les étoiles très massives poursuivent la fusion jusqu'au fer, qui a un noyau atomique ultrastable et dont la formation signe la fin des réactions productrices d'énergie dans les étoiles ordinaires. Dès lors, l'effondrement gravitationnel devient inévitable. Si l'étoile dépasse 8 à 10 masses solaires, elle explose en supernova, expulsant ses couches externes et laissant souvent un cœur ultracompact : une étoile à neutrons.

L'existence des étoiles à neutrons a été envisagée dès 1934 et leur détection a eu lieu une trentaine d'années plus tard. Ces étoiles zombies défient l'imagination. À la manière d'une toupie gigantesque, elles tournent parfois sur elles-mêmes des milliers de fois par seconde, et elles possèdent un champ magnétique intense. Leur faisceau de rayons X et gamma balaye parfois la Terre de façon régulière, telle la lumière d'un phare lointain : ces astres sont alors nommés « pulsars ». Le diamètre d'une étoile à neutrons est de seulement une dizaine de kilomètres, et sa densité atteint des valeurs vertigineuses : *« Une simple cuillère à café de cette matière pèse 100 millions de tonnes ! »* s'exclame Jean-Loïc Kneur. Si l'étoile n'est pas assez massive pour s'effondrer en trou noir, qu'est-ce qui peut s'opposer à la force de gravitation d'un pareil monstre ?

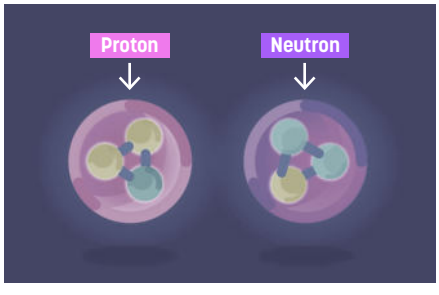
Interaction répulsive

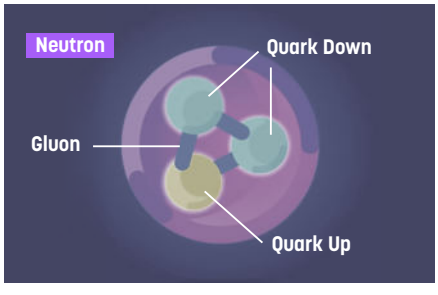
Dans une étoile classique comme le Soleil, la pression qui équilibre la gravité provient de la température élevée du gaz chauffé par les réactions de fusion nucléaire. *« C'est le même principe qu'une Cocotte-Minute : plus la température est élevée, plus la pression augmente »*, compare le chercheur. La situation est bien différente dans une étoile à neutrons. La pression qui s'oppose à l'effondrement gravitationnel dépend beaucoup moins de la température. Elle est principalement

Si la densité augmente encore dans une étoile à neutrons, la matière pourrait prendre une nouvelle forme. Mais aujourd'hui, on ne sait pas à quelle densité a lieu cette transition

due à l'interaction nucléaire forte, qui agit entre les neutrons à très courte distance et devient répulsive quand ceux-ci sont très proches.

Mais si la densité augmente encore, la matière peut prendre de nouvelles formes. Les neutrons qui composent ces étoiles sont eux-mêmes constitués de quarks, particules élémentaires maintenues ensemble par l'interaction forte. Cette interaction présente une différence fondamentale avec l'électromagnétisme : à l'inverse de deux charges électriques, plus on éloigne des quarks, plus l'interaction devient forte, comme si un élastique les retenait. C'est ce que les scientifiques appellent le confinement des quarks. *« On n'observe pas de quarks isolés. Ils restent confinés à l'intérieur de particules que l'on nomme des hadrons* [catégorie dont font partie les protons et les neutrons, NDLR] », souligne Micaela Oertel, directrice de recherche CNRS à l'observatoire de Strasbourg. *« Cependant, ce confinement pourrait disparaitre à densité extrêmement élevée. Il y aurait une transition de la matière hadronique en un plasma de quarks et de gluons* [les particules qui véhiculent l'interaction forte, NDLR]. *Mais aujourd'hui, on ne sait pas à quelle densité a lieu cette transition* », explique l'astrophysicienne. Il y a quelques décennies, des scientifiques ont envisagé que cette matière de quarks puisse se former au cœur de certaines étoiles à neutrons, comme Arnold Bodmer en 1971 et Edward Witten en 1984, pour qui *« d'une manière ou d'une autre, les étoiles à neutrons contiennent quasi*





Le noyau des atomes est composé de protons et de neutrons. Ceux-ci sont eux-mêmes constitués de quarks, dont la « saveur » (up, down) pourrait se transformer…

R136 est un jeune amas d'étoiles situé dans la nébuleuse de la Tarentule. Parmi ces astres massifs photographiés par le télescope spatial Hubble, certains deviendront peut-être des étoiles à quarks. © Nasa/ESA/STScI

certainement une composante de matière de quarks ». De tels astres seraient donc des étoiles à quarks.

Une affaire de saveur

Dans les neutrons, les quarks se répartissent en un quark « up » pour deux quarks « down ». Cette distinction, appelée « saveur », devient cruciale à très haute densité, où certains quarks down peuvent changer de saveur et devenir « strange ». Il en résulte une bien nommée « matière étrange », mélange exotique de quarks up, down et strange. Avec trois types de quarks au lieu de deux, davantage de particules occupent les états d'énergie les plus bas. Un peu comme si les quarks contournaient le principe d'exclusion de Pauli [1] en déguisant certains d'entre eux. Cette matière pourrait être très stable. Edward Witten et d'autres ont même suggéré qu'elle soit la plus stable de l'Univers, surpassant le fer. Une étoile entièrement composée de matière étrange pourrait donc exister indéfiniment. Ces astres hypothétiques sont baptisés « étoiles étranges ». *« À la différence d'une étoile à quarks qui peut être une étoile à neutrons dont le cœur est assez dense pour se transformer en plasma quarks-gluons, un tel objet suppose que toute l'étoile se convertisse en matière de quarks, et que cette matière soit donc énergétiquement favorisée par rapport à la matière normale »*, précise Micaela Oertel.

Bien que fascinants, ces astres demeurent hypothétiques. *« De l'extérieur, les étoiles à neutrons et les étoiles à quarks ou étranges se ressemblent beaucoup*, admet Jean-Loïc Kneur. *Il semble très difficile de les distinguer. Une chose assez claire à ce jour, c'est qu'on s'attend à ce qu'une étoile à quarks ou étrange ait un rayon plus petit qu'une étoile à neutrons classique. »* Ainsi, RX J1856.5-3754, découverte en 1992 dans la constellation de la Couronne australe, a été soupçonnée en 2002 d'être une étoile à quarks. Des observations du télescope Chandra suggéraient un rayon entre 4 et 8 km, inférieur aux 10 km habituels des étoiles à neutrons. *« En fait, ce rayon a été très sous-estimé* [la valeur actuelle est de 14 km, NDLR]. *Mais mesurer le rayon d'un tel astre est plutôt difficile »*, admet Micaela Oertel.

Sursauts étranges

En février 2025, la publication d'un article pourrait relancer la quête de la première étoile étrange. Une équipe chinoise a étudié un évènement survenu le 29 mai 2024, lorsqu'un sursaut gamma de 160 secondes a été détecté dans la constellation du Lézard par le satellite américain Swift. En fouillant les données du télescope chinois HXMT, elle découvre une première bouffée de rayonnement 400 secondes avant celle mesurée par Swift. Au total, trois épisodes gamma distincts et deux plateaux en rayons X sont identifiés. La durée particulièrement longue et la courbe de lumière inhabituelle ne collent pas aux modèles standards. Les astronomes avancent alors une hypothèse audacieuse : ils auraient observé la naissance d'une étoile étrange.

Plus en détail, les deux premiers épisodes de l'émission gamma seraient dus au jet de matière d'une étoile massive s'effondrant en magnétar (une étoile à neutrons à champ magnétique intense) et aux possibles fragmentations de son enveloppe. Le troisième épisode, lui, serait dû à la transformation du magnétar en une étoile étrange. *« Les phases II et III sont complètement spéculatives. Aucune observation ne vient les corroborer »*, remarque Justine Devin, du Laboratoire Univers et particules de Montpellier. Au final, les deux plateaux dans l'émission de rayons X seraient le signe du refroidissement de l'astre nouvellement formé. Jean-Loïc Kneur estime cependant qu'il faudra confronter cette hypothèse à d'autres données, spectrales par exemple. Selon Justine Devin, beaucoup de sursauts gamma présentent des plateaux dans leur courbe de lumière. Ce n'est donc pas un phénomène nouveau. *« Il s'explique en général par une activité tardive au cœur de l'astre »*, souligne la chercheuse. D'après elle, le modèle de l'équipe chinoise est *« très spéculatif et ne prédit pas d'émission avec des signatures spectrales et temporelles particulières.* [Il] *ne peut être contraint et validé par les observations, et les reproduit donc de manière très superficielle. »* Et de conclure : *« Les observations ne favorisent pas la formation d'une étoile à quarks étranges. »* La quête de ces astres mystérieux n'est pas encore terminée.

(1) Principe selon lequel deux particules d'un système ne peuvent pas se trouver simultanément dans le même état quantique.

JUPITER
MERCURE
VÉNUS
SOLEIL
MARS
LUNE
TERRE

EURÊKA, LE SOLEIL EST AU CENTRE !

La théorie de l'héliocentrisme est attribuée à raison à Copernic. Mais quelques textes anciens montrent que des savants de la Grèce antique avaient eu cette intuition il y a plus de 2 000 ans, calculs à l'appui.

Myriam Détruy

« *Croyait-il que la Terre avait le même mouvement que le Soleil, la Lune et les cinq autres planètes qu'il appelle les instruments du temps, à cause de leurs révolutions, et pensait-il qu'il ne faut pas se figurer que la Terre soit immobile, et comme attachée sur l'axe du monde, mais qu'elle fait une révolution entière autour de cet axe ?* » La réponse à la question ne fait aujourd'hui plus aucun doute, mais à l'époque de l'auteur de ces lignes, le philosophe Plutarque (Ier siècle apr. J.-C.), le débat est sur le point de se refermer complètement. Claude Ptolémée va bientôt écrire l'*Almageste*, ouvrage qui donnera pendant quatorze siècles une représentation immuable de l'Univers. Inspiré par la philosophie d'Aristote, Ptolémée voit le cosmos comme une succession de sphères cristallines au milieu desquelles évoluent les planètes. La Terre est au centre, immobile, puis viennent la Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter et Saturne. Les étoiles sont collées sur la sphère externe et sont, elles aussi, immobiles. Cette vision du monde ne souffre aucune imperfection, aucune irrégularité.

L'œuvre de Ptolémée ferme la porte à *« tous ceux qui pensent qu'il est paradoxal que le poids si grand de la Terre n'aille ni ne soit transporté nulle part »*, autrement dit à tous ceux qui croient que la Terre est en mouvement. En les citant ainsi, l'astronome révèle qu'il existait dans la Grèce antique un courant de pensée contraire au sien, pour qui la conception de l'Univers était tout autre. Ce courant n'a été reconstitué qu'en partie. Non seulement la plupart des textes originaux ont disparu, mais de plus, une partie des astronomes et des mathématiciens qui lui appartenaient ne divulguaient pas forcément leur travail. Pour eux, le cosmos s'expliquait avant tout avec les lois de la physique. Le cristal des sphères aristotéliciennes ne résistait pas à leurs calculs.

Déjà, avant Aristote, le penseur Philolaos de Crotone (Ve siècle av. J.-C.), membre de l'école de Pythagore, ne nous imaginait pas au centre de l'Univers. Pour lui, la Terre, le Soleil et les cinq planètes visibles tournaient autour d'un feu central, demeure de Zeus. Deux siècles plus tard, un mathématicien développe une véritable théorie de l'héliocentrisme qui fait de lui, selon les historiens, le « Copernic de l'Antiquité ». De la vie d'Aristarque de Samos, on ne sait que peu de choses. À l'exception d'un seul ouvrage, tous ses écrits ont disparu. C'est un autre scientifique qui parle de lui, et pas l'un des moindres : Archimède. L'inventeur de la vis sans fin a une vingtaine d'années de moins qu'Aristarque. Dans son ouvrage *L'Arénaire*, il indique que le natif de Samos a été l'élève de Straton de Lampsaque, un philosophe qui s'est éloigné de la pensée de son maître Aristote. Très attaché à la description

Chronologie des savants cités

Philolaos de Crotone
(v. 470 - 390 av. J.-C.)
Aristote
(384 - 322 av. J.-C.)
Straton de Lampsaque
(335 - 269 av. J.-C.)
Aristarque de Samos
(310 - 230 av. J.-C.)
Archimède
(v. 287 - 212 av. J.-C.)
Apollonius de Perge
(v. 260 - v. 190 av. J.-C.)
Cléanthe d'Assos
(v. 331 - 232 av. J.-C.
Séleucos de Séleucie
(v. 180 - v. 120 av. J.-C.)
Hipparque
(190-120 av. J.-C.)
Plutarque
(45 - 125 apr. J.-C.)
Claude Ptolémée
(100 - 170 apr. J.-C.)
Nicolas Copernic
(1473 - 1543)

On sait peu de choses d'Aristarque de Samos (en haut, statue au musée du Louvre). Ses thèses héliocentriques nous sont parvenues grâce à un autre savant de l'Antiquité, Archimède (médaillon du bas). DR

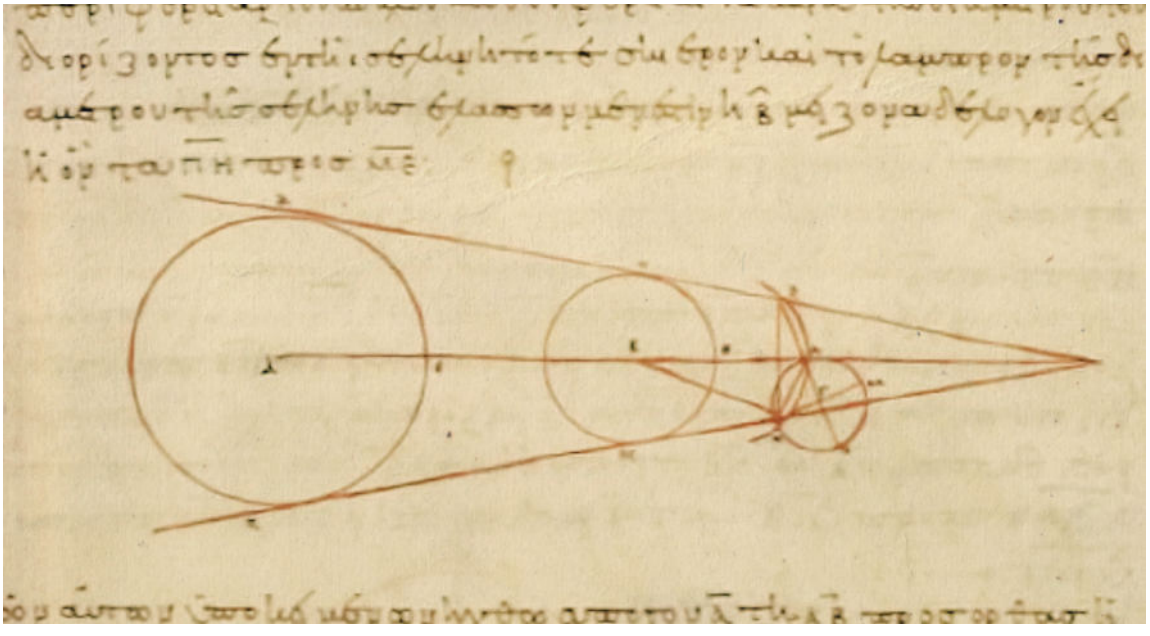
Pourquoi les planètes se mettent-elles à reculer dans le ciel ? Et si le Soleil est plus grand que la Terre, n'est-il pas plus logique que la Terre tourne autour de lui ?

des phénomènes par la physique, Straton a transmis sa rigueur à son élève Aristarque, qui se met à son tour à s'interroger sur le monde qui l'entoure. Rapidement, le mathématicien comprend que le monde conçu par Aristote ne représente pas la réalité telle qu'elle est. Pourquoi les planètes se mettent-elles à reculer dans le ciel, et pourquoi sont-elles parfois plus brillantes ? Et si le Soleil est plus grand que la Terre, n'est-il pas plus logique que la Terre tourne autour de lui ?

La taille de la Lune et du Soleil

La seule œuvre d'Aristarque qui a survécu s'intitule *Sur les grandeurs et distances du Soleil et de la Lune*. Ce traité est une démonstration de ses remarquables compétences en mathématiques avec les méthodes de l'époque, donc sans trigonométrie (les premières tables trigonométriques sont attribuées à Hipparque, qui vécut un siècle après Aristarque). Il avance par exemple que le volume du Soleil est entre 254 et 368 fois plus grand que celui de la Terre, et que celui de la Lune entre 16 et 31 fois moindre que celui de la Terre. Ces résultats sont sans doute ceux qui lui font émettre l'hypothèse d'un Soleil central, et qui simplifie les explications quant au mouvement rétrograde des planètes. Il pousse la réflexion encore plus loin : si la Terre tourne autour du Soleil, la perspective du ciel étoilé devrait changer. Les constellations fixées sur la sphère cristalline devraient se déplacer très légèrement du point de vue de l'observateur. Bien sûr, les astronomes de l'époque n'avaient aucun instrument d'optique capable de distinguer de tels mouvements, appelés aujourd'hui parallaxe. Mais Aristarque avait l'intuition que ces déplacements étaient si infimes qu'ils ne pouvaient signifier qu'une chose : les étoiles sont bien plus loin que supposé.

Dans *L'Arénaire*, Archimède présente ces résultats d'une telle façon qu'il semble les prendre tout à fait au sérieux, bien qu'ils remettent en cause



Dès le IIIe siècle avant notre ère, Aristarque de Samos s'attache à déterminer les tailles relatives du Soleil, de la Terre et de la Lune. Le résultat de ses recherches est arrivé jusqu'à nous de manière indirecte. Ci-contre, une copie de ses travaux datant du Xe siècle.

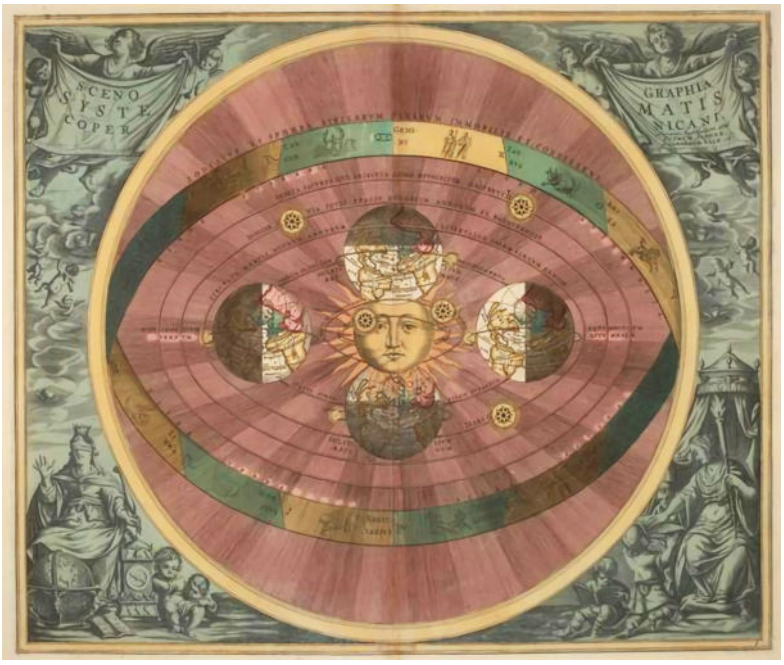
© Library of Congress Vatican

l'ordre établi : *« Tu sais que le monde est appelé par la plupart des astronomes une sphère dont le centre est le même que celui de la Terre et dont le rayon est égal à la droite placée entre le centre de la Terre et celui du Soleil. Aristarque de Samos rapporte ces choses en les réfutant, dans les propositions qu'il a publiées contre les astronomes. D'après ce qui est dit par Aristarque de Samos, le monde serait beaucoup plus grand que nous venons de le dire ; car il suppose que les étoiles et le Soleil sont immobiles ; que la Terre tourne autour du Soleil comme centre. »*

Une théorie provocante

Pour certains de ses contemporains, les hypothèses d'Aristarque sont une provocation retentissante. Ainsi, le philosophe Cléanthe d'Assos l'attaque de façon virulente, l'accusant même d'impiété. Car pour lui, issu de l'école stoïcienne, où l'on réfléchit avant tout à la morale, le cosmos est divin et régi par Zeus. Ce qui ne l'empêche pas de développer ses propres pensées sur les mouvements des astres, en refusant de faire appel aux mathématiques. Il donne par exemple un rôle prépondérant au Soleil, puisque c'est lui qui influence la vie sur notre planète, fait alterner, le jour et la nuit, ou encore les saisons. Mais la Terre demeure le foyer du monde et se trouve immobile au centre de l'Univers.

Aristarque compte aussi des défenseurs. Séleucos de Séleucie, qui vécut un siècle plus tard, est l'un d'entre eux. Lui aussi est cité par Plutarque en tant que penseur du modèle héliocentrique. Il en aurait prouvé la véracité, mais on ne connait pas le détail de sa méthode. On sait en revanche qu'il fut un grand observateur des marées de la mer Rouge et qu'il fut le premier à faire un lien entre la position de la Lune et les mouvements maritimes. Au final, malgré la rigueur des démonstrations d'Aristarque, deux grands astronomes ont complètement écarté sa représentation iconoclaste du monde. Le premier, Hipparque, est entre autres l'auteur d'un catalogue de plus de 800 étoiles. Ses très nombreuses observations ne le font pas changer d'avis sur le modèle géocentrique et l'incitent à l'améliorer. Afin d'expliquer le mouvement rétrograde des planètes, il imagine un système emprunté à Apollonius de Perge : la théorie des épicycles. Une planète tourne autour d'un petit cercle, son épicycle, dont le centre théorique tourne lui-même autour de la Terre suivant un cercle plus grand appelé déférent.



Au IIe siècle, Ptolémée impose la vision d'Aristote et fixe la Terre au centre de l'Univers. Il faut attendre le XVIe siècle et Copernic, pour que le Soleil prenne sa place (illustration du XVIIe siècle). DR

La Terre immobile

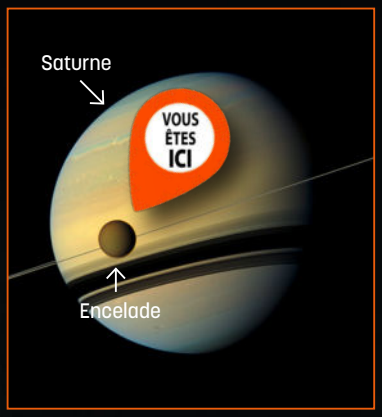
Quatre siècles plus tard, soit bien après l'âge d'or de la science grecque, Ptolémée met le coup final au modèle héliocentrique. Il n'imagine absolument pas qu'une masse rocheuse comme la Terre puisse être suspendue dans l'espace. Il argumente également que, si notre planète était en rotation, tous les objets que l'on enverrait en l'air seraient affectés par ce mouvement et retomberaient beaucoup plus loin. Ce qui n'est pas le cas. Il s'attache donc à corriger des anomalies du modèle géocentrique en complétant la théorie des épicycles d'Hipparque. Malgré des erreurs dans les prédictions relevées par des savants arabes et perses, l'*Almageste* deviendra le livre de référence en astronomie jusqu'à la remise en question de Copernic au XVIe siècle. Il fournit pendant cette longue période des tables astronomiques utilisées pour établir des horoscopes et faciliter toutes sortes de décisions. Quant à Copernic, qui se met à réfléchir à un autre modèle parce que celui de Ptolémée ne correspond pas à ses observations, il semble ne pas avoir eu connaissance du travail de ses lointains précurseurs. *L'Arénaire* d'Archimède, la principale trace de l'héliocentrisme grec, n'a été publié pour la première fois qu'en 1544, soit un an après la mort du chanoine polonais.

À lire également
Les découvreurs du ciel
Hors-série n°51

SOUS LES GEYSERS D'ENCELADE

Direction Saturne, la sixième planète du Soleil et la deuxième en taille après Jupiter. Et plus précisément l'un de ces satellites glacés à l'activité tectonique étonnante. Suivez la guide.

Émilie Martin

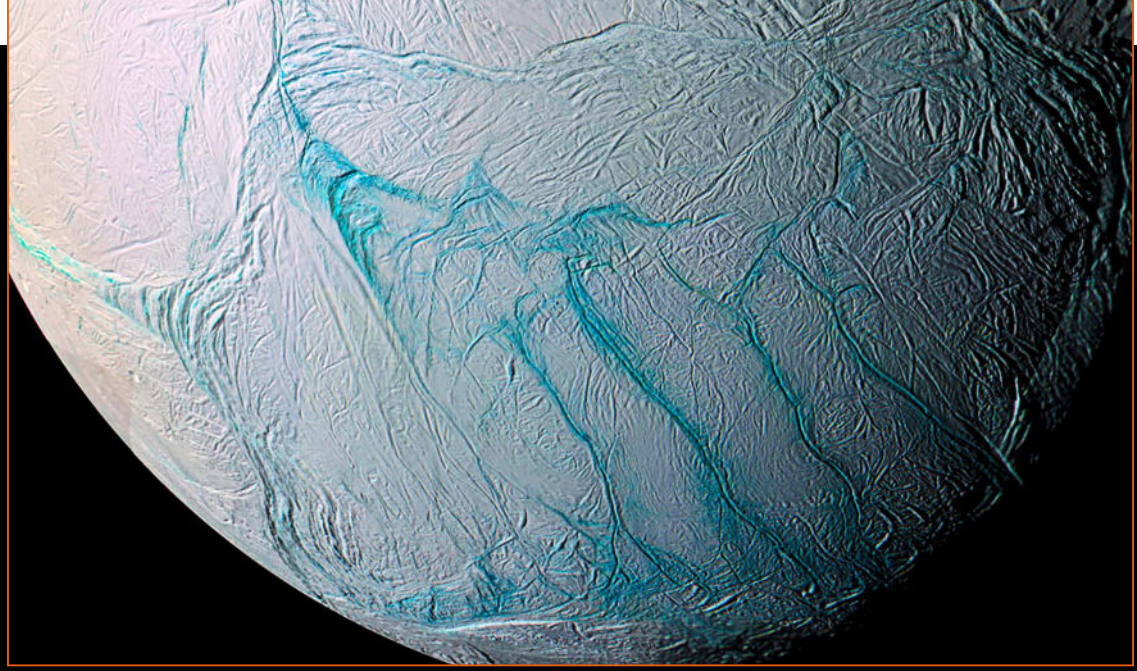


Un gigantesque panache étincelant s'élance devant vous, si haut qu'il se perd dans le noir de l'espace. Vous vous tenez non loin du plus grand geyser de tout le Système solaire. Le monument de vapeur d'eau et des cristaux de glace culmine à 10 000 km au-dessus de la surface blanche d'Encelade, le corps céleste sur lequel vous marchez. Il est donc 20 fois plus grand que ne l'est ce satellite de Saturne, au diamètre de 500 km.

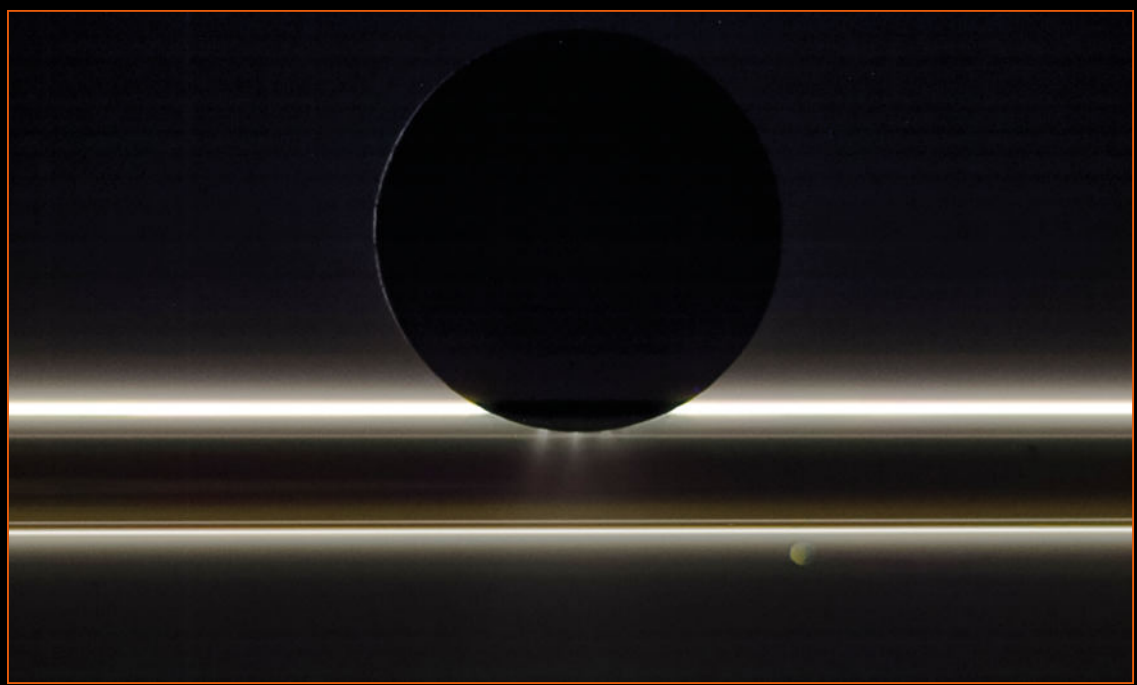
Vous réalisez que, toutes proportions gardées, si pareil geyser jaillissait de notre planète, il atteindrait les deux tiers de la distance Terre-Lune…

Juste avant d'atterrir, le spectacle était tout aussi saisissant : en raison de la rotation d'Encelade, qui boucle un tour sur lui-même en 33 heures, la matière éjectée des geysers s'enroule autour de lui. Depuis l'orbite, vous pouviez voir le halo argenté qui en résulte flirter avec l'anneau E, le plus externe des anneaux

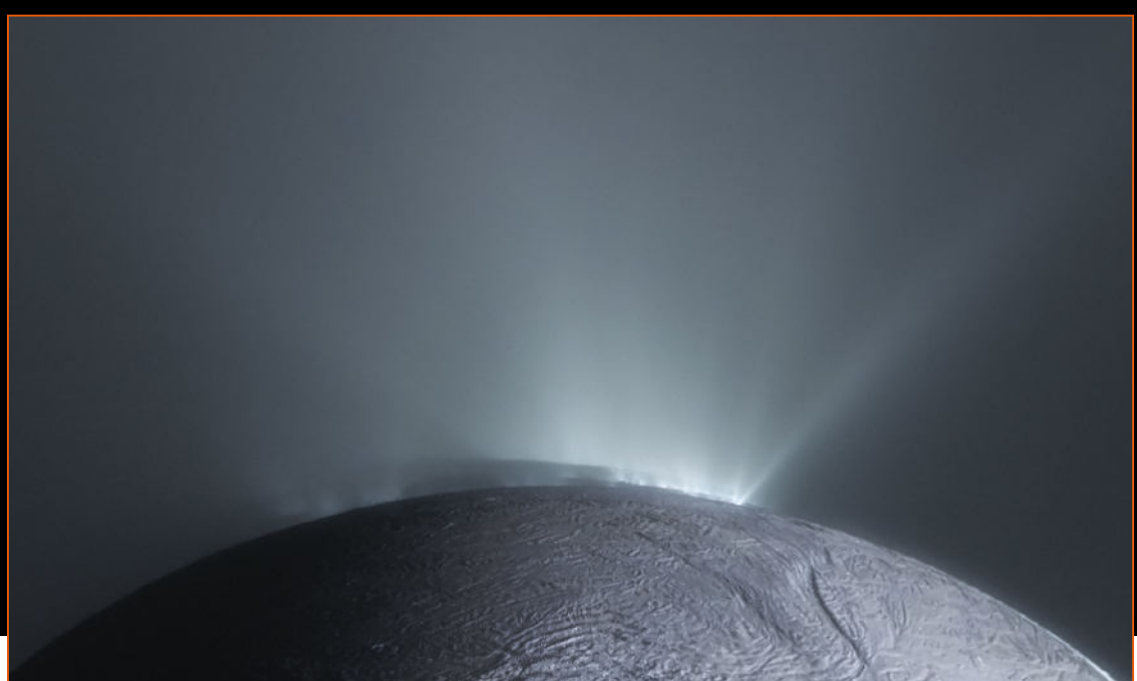
D'immenses geysers de glace s'échappent à partir de vastes failles dans le sol d'Encelade, comme celle-ci.
Illustration : © O. Hodasava pour C&E



Entre 2004 et 2017, la sonde spatiale Cassini explore le monde de Saturne. Ses images dévoilent les curieuses fractures qui zèbrent le pôle Sud d'Encelade. La variation de teinte de ces « rayures du tigre » indique une glace d'une nature différente comparée à celle de la surface gelée alentour.



La glace fraiche expulsée par Encelade vient enrichir les anneaux de Saturne. En 2009, la sonde Cassini photographie à contre-jour le satellite de 500 km de diamètre devant les anneaux. Pandore apparait au loin. Sa taille est bien plus modeste : 84 km.



En 2010, Cassini obtient cette vue rasante des geysers d'Encelade, dont certains peuvent atteindre 10 000 km de haut, soit 20 fois la taille du satellite.

Photos : © Nasa/JPL-Caltech/ Space Science Institute

D'immenses fractures aux contours bleutés contrastent avec le blanc ardent de cette glace qui en fait la surface la plus réfléchissante de tout le Système solaire

de Saturne, l'alimentant ainsi de glace fraiche en continu. En réalité, même si c'est imperceptible, le geyser d'Encelade arrose également l'ensemble des anneaux de la planète géante, tel un pulvérisateur givrant. Mais la majeure partie de ce qu'il crache retombe sur le satellite. Une pluie éthérée caresse d'ailleurs votre scaphandre et dépose une neige tout aussi délicate sur le sol entièrement gelé. Le paysage est de ce fait si scintillant que vous avez l'impression d'être sur une gigantesque boule à facettes. Vous n'avez pas tort : Encelade possède la surface la plus réfléchissante de tout le Système solaire.

Rayures du tigre

Vous ajustez la teinte de votre visière pour observer confortablement l'immense fontaine extraterrestre, repérée en 2023 par le télescope spatial James Webb. Loin d'être isolée, elle domine toute une grappe de geysers déjà découverts en 2005 par la sonde Cassini et émanant de la même zone polaire australe : celle des « rayures du tigre », d'immenses fractures aux contours bleutés qui contrastent avec le blanc ardent de la glace. Les quatre plus grandes — baptisées Alexandrie, Le Caire, Bagdad et Damas, en référence aux villes des *Mille et une nuits* — mesurent 130 km de long, 2 km de large et 500 m de profondeur. Mais une ribambelle d'autres failles, plus modestes, zèbre aussi le pôle Sud d'Encelade. Petites ou grandes, toutes ces plaies sont infligées par Saturne. À la regarder, spectaculaire, qui mange un gros morceau de ciel avec son énorme boule gazeuse et ses immenses anneaux, cela vous semble évident : la planète géante est si massive qu'elle exerce sur son entourage de puissants effets gravitationnels qui tiraillent et compriment chacun des 98 satellites de sa cour. Mais Encelade est soumis à un joug supplémentaire : il tourne autour de Saturne en rythme (les astronomes disent « en résonance ») avec un autre satellite, Dioné. Il boucle exactement deux révolutions quand Dioné en fait une. Encelade est ainsi emprisonné dans une valse qui l'écartèle à intervalles réguliers. Tiraillée par ces forces de marées, sa surface se craquèle de toute part. Ce tumulte tectonique engendre une activité géothermale intense. Vous la ressentez. Le sol tremble, certes légèrement, mais en continu sous vos pieds.

Vous décidez de longer de près l'une des nombreuses « rayures du tigre » en prenant soin de choisir la plus petite et la plus sage possible. Pas question de filer dans l'espace à dos de geyser… Ce que vous voyez en vous penchant vous émerveille : entre les ourlets de la faille, draperie de glaces plus ou moins fondues, une eau liquide et bleutée semble frémir. Vous n'avez qu'une envie : vous jeter dedans, franchir ce portail qui vous sépare du sous-sol d'Encelade afin de découvrir ce qu'il cache. Un vaste océan d'eau liquide tapi sous une couche de glace de quelque 20 à 30 km d'épaisseur ? C'est ce que les mesures effectuées par la sonde Cassini laissent penser. Sous l'effet des puissantes forces de marée, la température interne d'Encelade grimperait au point de transformer son manteau glacé en un vaste océan. Dans les profondeurs du pôle Sud, cet océan souterrain serait lui-même réchauffé par des cheminées hydrothermales. Sous la pression, comme dans une Cocotte-Minute, l'eau chaude s'échapperait violemment par les failles de la surface, formant les geysers que vous êtes venu contempler.

Cocktail organique

Cette théorie séduisante demande encore à être confirmée, mais, quel que soit le secret de son intimité, le turbulent Encelade est plein de promesses pour la recherche. Cassini a analysé ses panaches entre 2008 et 2015. La sonde y a décelé un intéressant cocktail chimique : de l'eau bien sûr, mais aussi de l'ammoniac, de la silice et surtout des molécules organiques (molécules composées de carbone), en l'occurrence du méthane, du propane et du formaldéhyde, qui ne sont autres que des briques élémentaires de la vie.

Vous ne plongez pas dans l'eau bleue d'Encelade. Vous n'en prélevez pas non plus un petit flacon à la recherche de micro-organismes aliens. Vous laissez cela aux scientifiques qui vous accompagnent. Vous vous contentez d'admirer encore l'un des plus fascinants paysages que le Système solaire offre aux regards curieux.

Panorama au site d'observation de Van Zyl Overlook (traitement de Thomas Appéré)

Les collines du mont Sharp (traitement de Thomas Appéré)

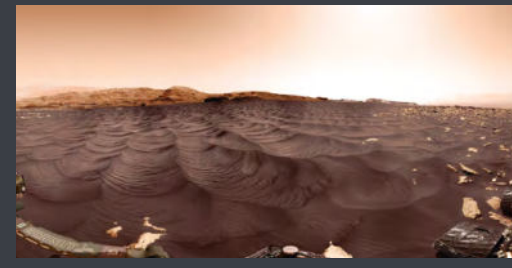
Yardangs bordés de dunes (traitement de Thomas Appéré)

Mars du nord au sud

Terra Sabaea et Arabia Terra

Olympus Mons (traitement de Thomas Appéré)

Cratère martien 2



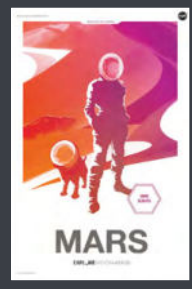
Les sables de Forvie (traitement de Thomas Appéré)

Cratère martien

OFFREZ-VOUS UNE FENÊTRE SUR L'UNIVERS

AFFICHES MARTIENNES

1



2

3

4

Retrouvez toutes nos images sur
www.galleryastro.fr

GALLERY ASTRO

afa

BON DE COMMANDE à retourner accompagné de son règlement, à
GALLERY ASTRO - AFA 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris - 01 45 89 81 44

DÉSIGNATION **TIRAGE LAMBDA MAT**		Prix	Qté	TOTAL
HS52/1 - Panorama au site d'observation	90 x 30 cm	39 €		
HS52/2 - Les collines du mont Sharp	90 x 30 cm	38 €		
HS52/3 - Yardangs bordés de dunes	120 x 40 cm	85 €		
HS52/4 - Mars du nord au sud	90 x 30 cm	35 €		
HS52/5 - Terra Sabaea et Arabia Terra	90 x 30 cm	35 €		
HS52/6 - Cratère martien	90 x 30 cm	35 €		
HS52/7 - Olympus Mons	60 x 40 cm	42 €		
HS52/8 - Cratère martien 2	64 x 36 cm	35 €		
HS52/9 - Les sables de Forvie	80 x 40 cm	48 €		
AFFICHES MARTIENNES				
1	60 x 40 cm	38 €		
2	60 x 40 cm	38 €		
3	60 x 40 cm	38 €		
4	60 x 40 cm	38 €		
Bon d'achat entre 30 € et 500 €				
TOTAL TTC - frais de port inclus				

ADRESSE DE LIVRAISON

Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

Code postal ..... Ville .....

Tél. .....

Mail* .....

*Indispensable pour le suivi des colis

Je règle

○ par chèque à l'ordre de l'AFA

○ par CB n° |_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|_|

Expiration |_|_|_|_| Cryptogramme |_|_|_|

(3 derniers chiffres du 6 figurant au dos de la carte)

En application de l'article 27 de la loi du 06/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont communiquées aux destinataires la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de nos services. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient cédés ultérieurement.

Signature

209363

Tarifs valables pour la France métropolitaine jusqu'au 30 septembre 2025

NOUVEAU TIRAGE LAMBDA MAT

Impression argentique sur Papier RC Mat Fuji Crystal Archive Velvet 250 g pour **rendu à la fois mat et souple**, sans fortes densités et à faible contraste. Par ses caractéristiques particulières, **il s'adapte très bien à tout type d'éclairage.** De plus, l'émulsion photosensible est couchée sur un support polyéthylène appelé RC (Resin Coated) qui rend ce papier particulièrement **résistant** aux manipulations et **stable** dans le temps.

ET TOUJOURS NOS BONS D'ACHAT

valable 1 an à partir de la date de la commande

valeur à saisir entre 30 € et 500 €*

* Un code vous sera envoyé par mail

Finitions premium sur notre site www.galleryastro.fr

Commande en ligne : le tirage Fine Art est contrecollé sur une plaque d'aluminium de 1 mm ou de dibon avec au dos des barres d'accrochage pour une fixation parfaite.

TIRAGES ET FINITIONS RÉALISÉS PAR LE LABORATOIRE PROFESSIONNEL PICTO

UN OCÉAN D'ACTIVITÉS POUR LES 35es NUITS DES ÉTOILES !

Guillaume Langin

Préparez-vous au grand plongeon ! Les 1, 2 et 3 aout 2025 ont lieu les Nuits des étoiles organisées partout en France par l'Association française d'astronomie (AFA) et les clubs et associations du territoire. Pour cette 35e édition, plus de 500 soirées d'astronomie et autres animations sont dispensées gratuitement au public. L'une d'elles se tient forcément près de chez vous. Identifiez-la sur la carte de France sur le site web de l'AFA.
Tous les ans depuis leur création en 1991, les Nuits des étoiles sont une parfaite occasion de profiter de la douceur des nuits d'été tout en contemplant les astres, à l'écoute des explications passionnées de celles et de ceux qui font vivre l'astronomie en France. Cette année, elles vous embarquent pour un voyage au cœur des océans du ciel. En levant les yeux depuis notre planète bleue, astronomes et cosmochimistes décèlent l'eau partout. Dans les nuages interstellaires et les disques de matière autour d'étoiles naissantes. Dans le passé de Mars ou sous la surface des satellites glacés Europe, Encelade, Ganymède… Ces mers extraterrestres suscitent l'espoir que soient apparues, ailleurs, des conditions propices au jaillissement de la vie.
Pour accompagner vos lectures de l'été, *Ciel & espace* a publié un hors-série « Les océans du ciel, un berceau pour la vie ? », déjà disponible en kiosques. Pour profiter pleinement des Nuits des étoiles, de nombreuses ressources complémentaires sont aussi proposées sur le site de l'AFA. Vous y trouverez un podcast inédit, ainsi que des supports de présentations sur la thématique des océans du ciel. Sans oublier les programmes d'observation pour vous guider, entre amis ou en famille, le temps d'une veillée aux étoiles. L'une d'elles est spécialement conçue pour les détenteurs d'un télescope intelligent Unistellar, partenaire de l'évènement. Dans le cadre de l'Année de la mer 2025, les Nuits des étoiles comptent parmi les évènements labélisés « La mer en commun ». Une bonne raison de plus pour y prendre part.
Bon ciel à tous et à toutes… et bonne baignade !

www.afastronomie.fr/les-nuits-des-etoiles

Retrouvez sur le site de l'AFA des programmes de veillées aux étoiles, à réaliser chez vous entre amis ou en famille

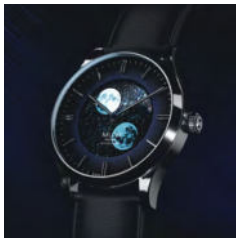
LE CNES ET L'AFA PRÉPARENT DÉJÀ LA SUITE

Le 17 juin 2025, l'AFA et le Cnes ont réaffirmé leur partenariat à l'occasion du Salon international de l'aéronautique et de l'espace, au Bourget. Par la signature d'une convention triennale, l'agence spatiale française a réitéré son précieux soutien dans l'organisation des éditions 2025, 2026 et 2027 des Nuits des étoiles, ainsi que du festival Explor'espace. Lors de ces manifestations offertes à un large public, l'AFA valorise les thématiques de l'exploration et la recherche spatiales.

Éric Piednoël, directeur de l'AFA, et Marie-Claude Salomé, directrice de la communication du Cnes, au salon du Bourget 2025. © A.Cirou

UNE MONTRE CONÇUE POUR LES « NUITS DES ÉTOILES »

Partenaire de l'AFA et soutien des Nuits des étoiles 2025, la jeune maison horlogère française Mu:n conçoit pour l'occasion une montre baptisée « Nuits des étoiles ». Celle-ci inaugure la troisième collection de l'entreprise, spécialisée dans les montres à complication Phase de lune. Leurs cadrans sont ornés d'un astre de la nuit plus grand et plus détaillé que la plupart des autres montres du marché. *« Pour la montre Nuits des étoiles, nous avons voulu aller plus loin, et mettre aussi à l'honneur le ciel étoilé »*, explique Thibault Jungbluth, cofondateur de Mu:n. C'est ainsi qu'en plus des deux lunes tournant en 59 jours, afin que chacune apparaisse le temps d'une lunaison (29,5 jours), le disque est criblé d'étoiles. *« Tel qu'elles étaient disposées dans le ciel de France le 10 aout 1991, à l'ouverture des toutes premières Nuits des étoiles »*, indique le passionné d'horlogerie et d'astronomie, deux disciplines *« liées entre elles par la symbolique du temps »*. Ajoutée en filigrane, la Voie lactée vient parfaire cette scène dont le diamètre a été rehaussé pour atteindre près de 23 mm. Grâce à une technologie innovante ayant recours à un laser femtoseconde, les astres sont gravés avec une précision de l'ordre du micromètre dans l'atelier suisse où chaque disque de Lune est fabriqué à la main. Une sous-couche en texture Super-LumiNova rend de surcroît ces astres luminescents ! Seuls 400 exemplaires de montres Nuits des étoiles seront produits, dans l'un ou l'autre des deux modèles que Mu:n a imaginé. Pour la porter à son poignet, il faudra attendre l'hiver 2025. Mais Thibault Junbluth donne rendez-vous plus tôt : *« Il sera possible de précommander la montre dès le mois d'aout. »* Dans le même temps, l'AFA aura déclaré ouverte la 35e édition des Nuits des étoiles, à ne pas manquer les 1er, 2 et 3 aout 2025.



La montre « Nuits des étoiles » de la maison horlogère Mu:n. DR

STAGES ET FORMATIONS

1re ÉTOILE ★

Les **2**, **16**, et **23** aout à Sévérac d'Aveyron (12)
Les **2** et **3** aout à Genevreuille (70)
Le **23** aout à Latrape (31)
Les **6** et **7** sept. à Buthiers (77)
Le **8** sept. à Mars (73)
Le **20** sept. à Aillon-le-Jeune (73)
Le **20** sept. à Fontaine-sous-Jouy (27), et à Paris (75)
Le **27** sept. à Dijon (21) et à Paris (75)

2e ÉTOILE ★★

Les **3**, **17**, **24** et **31** aout à Sévérac d'Aveyron (12)
Le **8** sept. à Thorens-Glières (74)
Le **24** aout à Latrape (31)

2e ÉTOILE ★★

Approfondissement technique et instrumentation
Les **30** et **31** aout à Buthiers (77)

3e ÉTOILE ★★★

Les **18**, **19**, **25** et **26** aout à Sévérac d'Aveyron (12)

Découvrez tous les autres stages 1, 2, 3 étoiles sur www.afastronomie.fr/les-stages-1-2-3-etoiles

PARIS SOUS LES ÉTOILES

Tout l'été, rendez-vous dans les parcs et jardins de la capitale où les animateurs et les animatrices de l'AFA pointent lunettes et télescopes vers le ciel. Vingt-deux soirées gratuites sont programmées jusqu'au 13 septembre 2025.

Toutes les infos sur **www.afastronomie.fr/paris**

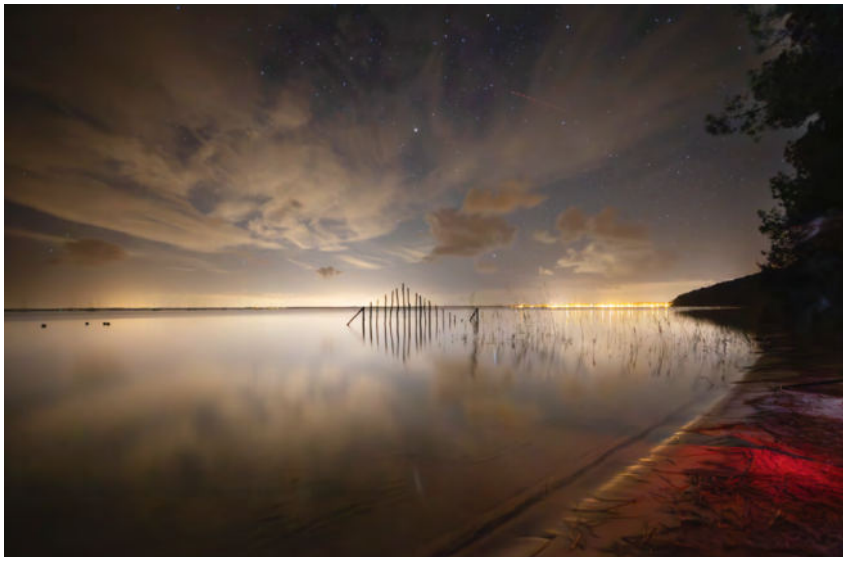
Les jardins parisiens accueillent des soirées d'observation publiques tout au long de l'été.

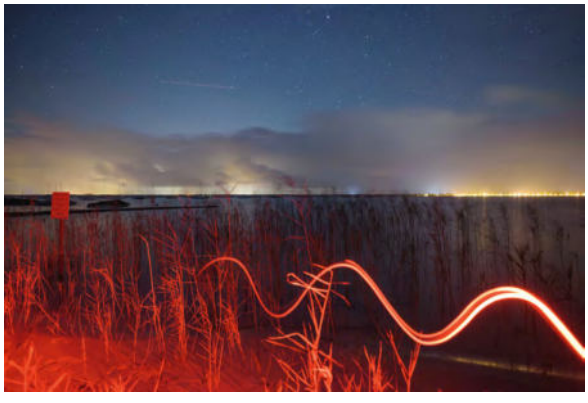
CET ÉTÉ, CAMPEZ « À LA BELLE ÉTOILE » !

Nouveauté ! L'AFA participe à l'Été culturel 2025 du ministère de la Culture qui, pour la première fois cette année, se déroulera également au cœur des campings du pays. De fin juillet à début aout, l'AFA et près de 15 clubs et associations partenaires proposent observations au télescope la nuit, et ateliers culturels et observations du Soleil le jour dans une trentaine de campings. Plus d'informations sur **www.afastronomie.fr.**

INSCRIVEZ-VOUS AUX RENCONTRES DE CARCANS

Les photographes du ciel ont rendez-vous du 17 au 21 septembre 2025 à Carcans-Maubuisson, en Gironde. Débutants et confirmés sont heureux chaque année de partager leurs astuces, ainsi que leurs images de paysages nocturnes et de ciels étoilés. Un riche programme les attend pendant ces cinq jours en pension complète au village vacances « Les Bruyères ». Entre 5 à 10 présentations techniques se tiennent quotidiennement. Elles sont consacrées à la prise de vue et au post-traitement. Des ateliers pratiques et des rallyes nocturnes thématisés viennent enrichir l'expérience collective. Ces sorties photo sont connues pour avoir déjà sublimé les berges du lac d'Hourtin et la côte Atlantique. Les pieds dans le sable, l'objectif vers les étoiles... Inscription sur www.afastronomie.fr. Nombre de places limitées. À partir de 555 €.





Les photographes du ciel se retrouvent à Carcans pour partager leurs images et leurs astuces de prise de vue.
© Tony Leal et Michelle Quatrini

VOYAGES EN 2025

CHILI - ATACAMA

Du 17 au 28 octobre - 6177 €

ISLANDE - AURORES BORÉALES

Du 17 au 25 novembre - 2780 €

Du 12 au 23 février 2026 - 4950 €

2026

LAPONIE

du 8 au 13 février - 2507 €

SUISSE

du 16 au 20 mars - 1640 €

ESPAGNE, ISLANDE
ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL

5 voyages pour deux destinations
(2 à 12 jours)

Tous nos prochains voyages :
www.afastronomie.fr, rubrique "Voyager"

HELIX, UN ZOOM SUR LA MORT DU SOLEIL

La plus proche nébuleuse planétaire attire l'attention des astronomes. Elle montre en détail ce qui se passe quand une étoile comme le Soleil arrive en fin de vie. Cette fascinante merveille est visible aux jumelles.

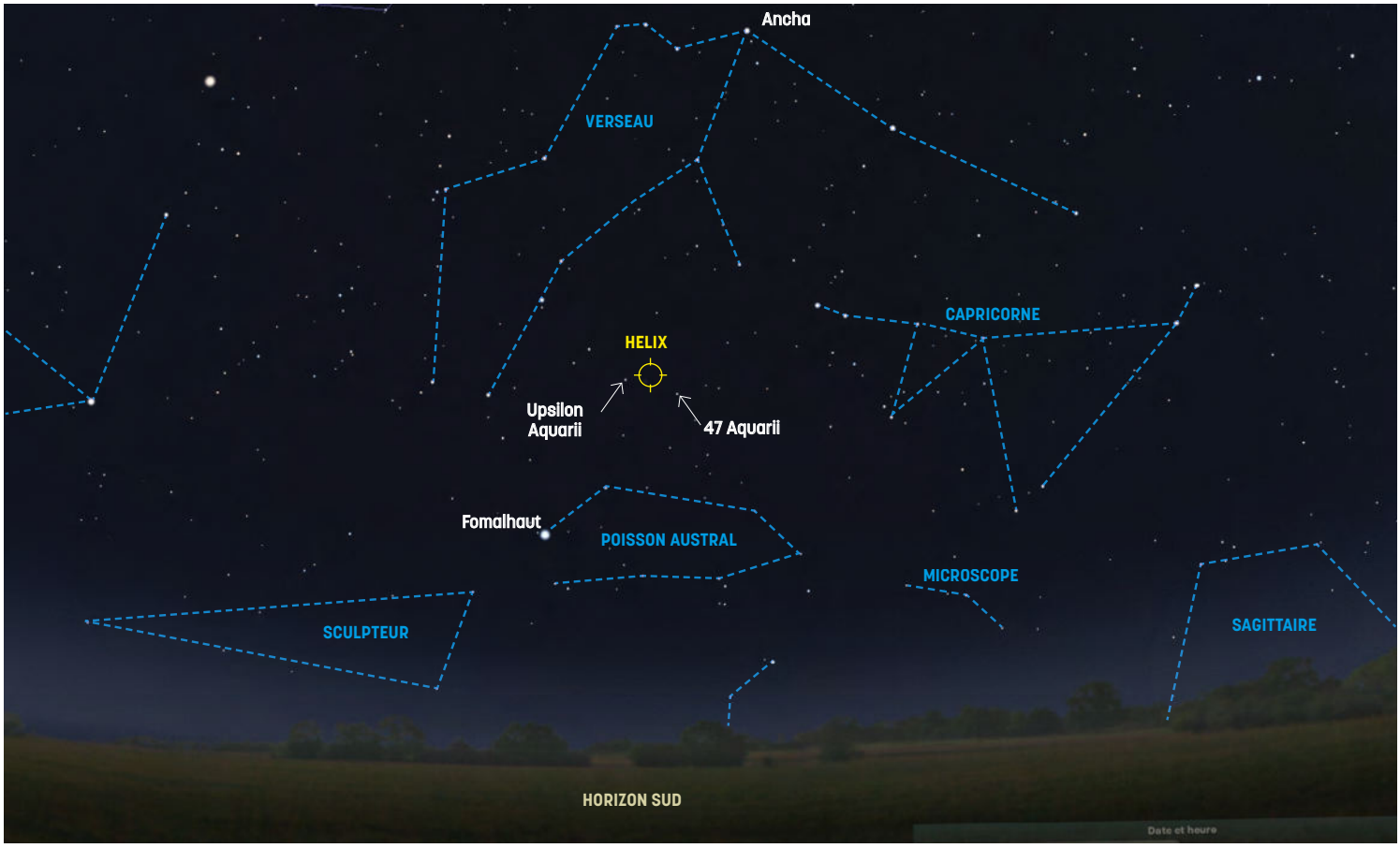
Philippe Henarejos

Parmi les objets célestes les plus iconiques de la Galaxie, NGC 7293, mieux connue sous l'appellation d'Helix, est la nébuleuse planétaire la plus proche de la Terre. Seulement 655 années-lumière nous en séparent. De cette proximité découle son diamètre apparent plutôt important : 16'. Cela ne vous parle pas ? Alors, dites-vous que c'est tout simplement la moitié de la Pleine Lune ! C'est aussi la raison pour laquelle, par rapport à d'autres objets célestes de même nature, cette nébuleuse planétaire est incroyablement détaillée sur les photos. Et cela ne date pas d'aujourd'hui. Dès les années 1950, le télescope de 5 m du mont Palomar, aux États-Unis, en a produit des clichés argentiques époustouflants. Ces images ont contribué à la notoriété de la nébuleuse auprès du public. Sa forme ovalisée lui a d'ailleurs valu le surnom d'Œil de Dieu ou, plus récemment, après la célèbre trilogie cinématographique du Seigneur des anneaux, d'Œil de Sauron.

Alors, si Helix est si imposante dans le ciel, pourquoi ne la voit-on pas à l'œil nu ? Cet anneau gazeux est certes assez étendu pour être discernable sans l'aide d'un télescope, mais il est aussi très peu lumineux, trop peu lumineux. C'est la raison pour laquelle il n'a été découvert qu'en 1824. Des jumelles, qui captent sensiblement plus de photons que la rétine seule, se révèlent nécessaires pour espérer le percevoir. Il devient même quelque peu paradoxal de constater qu'Helix est plus difficile à voir dans un télescope que dans des jumelles. Si un télescope capte plus de lumière, il produit aussi des grossissements bien plus forts qui jouent au détriment de la luminosité de l'objet. Dans tous les cas, vous ne verrez cette merveille que sous un ciel très transparent et bien noir, sans Lune ni éclairage artificiel.

De leur côté, les astronomes professionnels en profitent pour étudier cet astre qui leur montre le destin du Soleil d'ici à 4,5 milliards d'années. En effet, une nébuleuse planétaire n'est rien d'autre qu'une étoile de masse modérée (moins de 8 fois celle du Soleil) qui est arrivée au terme de son évolution. Après plusieurs milliards d'années d'existence, sous l'effet de la chaleur engendrée par la fusion de l'hélium dans son cœur, son enveloppe d'hydrogène a gonflé, la changeant en géante rouge. C'est alors que cette enveloppe gazeuse extrêmement dilatée et très diluée a fini par s'échapper dans l'espace, formant peu à peu une vaste nébulosité. Ne subsiste au centre qu'un cœur dense d'environ la taille de la Terre : une naine blanche. Pour Helix, on estime que ce processus a commencé voici environ 10 000 ans. Ce que l'on voit aujourd'hui, c'est l'enveloppe stellaire en expansion autour d'une naine blanche de 0,68 masse solaire et de 17 000 km de diamètre,

Les gaz de la nébuleuse forment un motif évoquant une structure hélicoïdale vue de dessus, d'où son nom. C'est l'un des objets célestes les plus connus, bien avant ce cliché du télescope spatial Hubble. Il est accessible à tous, mais avec difficulté. © Nasa/ESA/ STSCI



Helix se niche dans les pieds du Verseau, entre deux étoiles de magnitude légèrement supérieures à 5 : Upsilon Aquarii et 47 Aquarii. Pour les trouver, vous pouvez partir de Fomalhaut, de magnitude 1,1, plus au sud-est, et qui reste proche de l'horizon. Une fois les deux étoiles du Verseau repérées, il faut balayer lentement l'espace les séparant aux jumelles et tenter de percevoir la faible luminosité grise de la nébuleuse.

bien visible au milieu. À la vitesse de 31 km/s, la bulle gazeuse a maintenant atteint un diamètre d'environ 2,5 années-lumière. Songez un peu : d'un seul coup d'œil d'une extrémité à l'autre de la nébuleuse, vous contemplez un espace plus vaste que la moitié de la distance entre le Soleil et sa plus proche voisine, l'étoile Proxima du Centaure.

Si on entre dans le détail des photos, on remarque des objets qui ont l'apparence de comètes, dont la queue s'échappe radialement par rapport à l'astre central. Ces « nœuds cométaires », d'une taille supérieure à celle du Système solaire, pourraient être dus à de légères surdensités de gaz éjecté par l'étoile pendant sa phase de géante rouge. Rattrapés plus tard par l'enveloppe stellaire en expansion, ils auraient été érodés et modelés pour avoir leur aspect actuel. Mais cette origine demeure incertaine ; ils auraient aussi très bien pu se former pendant la phase de nébuleuse planétaire.

Une forme de beignet

Vue de la Terre, Helix semble relativement régulière. On imagine bien une enveloppe en expansion à la même vitesse dans toutes les directions formant une bulle bien sphérique. Or, il n'en est rien. Dès le début des années 1990, des observations submillimétriques ont permis de cartographier le monoxyde de carbone dans la nébuleuse et ont révélé sa forme véritable. En 2004, des modélisations en trois dimensions réalisées à partir d'observations du télescope spatial Hubble les ont confirmées : ce que nous percevons, c'est un anneau épais vu de dessus. Aux États-Unis, on parle volontiers de « doughnut », autrement dit un beignet avec un trou au milieu.

Cette forme torique pose une question, commune à bien des nébuleuses planétaires : pourquoi ? L'une des explications simples envisage que l'étoile centrale soit accompagnée par un autre corps céleste : une étoile de faible masse, ou même une planète. Et que cet objet, par son influence gravitationnelle, aurait dirigé le chemin d'expansion de l'enveloppe stellaire, l'empêchant de se déployer de manière parfaitement sphérique. Des équipes d'astronomes ont donc cherché un compagnon à la naine blanche centrale. En 2020, les données du satellite Tess montraient l'existence d'une variation de luminosité de l'astre dense tous les 2,8 jours, laissant supposer un lien avec la période orbitale d'un satellite. Mais une étude de 2024 n'a pas réussi à

Cette modélisation 3D rend compte de l'aspect de la nébuleuse si l'on se plaçait de côté. Il s'agit d'un anneau, ou d'un tore, plutôt que d'une bulle sphérique.
© Nasa/ESA/ C.R. O'Dell

mettre en évidence ce corps caché. Il peut s'agir d'une exoplanète de la taille de Neptune ou d'une naine brune. Mais la présence de tels corps très près de la naine blanche pose des problèmes théoriques. La période d'oscillation de 2,8 jours pourrait tout aussi bien résulter de sortes de taches à la surface de la naine blanche. Au point que, si un compagnon a un jour existé (il semble nécessaire pour expliquer la forme de la nébuleuse), il a peut-être disparu pendant la phase d'expulsion de l'enveloppe stellaire. Des observations en rayons X de 2025 suggèrent d'ailleurs que la naine blanche est en train d'accréter de la matière qui pourrait avoir pour origine les restes d'une planète de type jovien…

Contempler la nébuleuse Helix dans un télescope de bon diamètre (au moins 200 mm) doté d'un faible grossissement revient à voyager dans le futur du Système solaire. Le petit astre central, qui brille d'une modeste magnitude 13,5, est à peine plus grand que la Terre. Sa surface est surchauffée à 120 000 °C. Il est tout ce qui reste d'une étoile comparable au Soleil : son cœur. Si des planètes comme la nôtre tournaient jadis autour, ont-elles survécu ?

Il doit y avoir un compagnon autour de la naine blanche, mais il échappe pour l'instant aux recherches

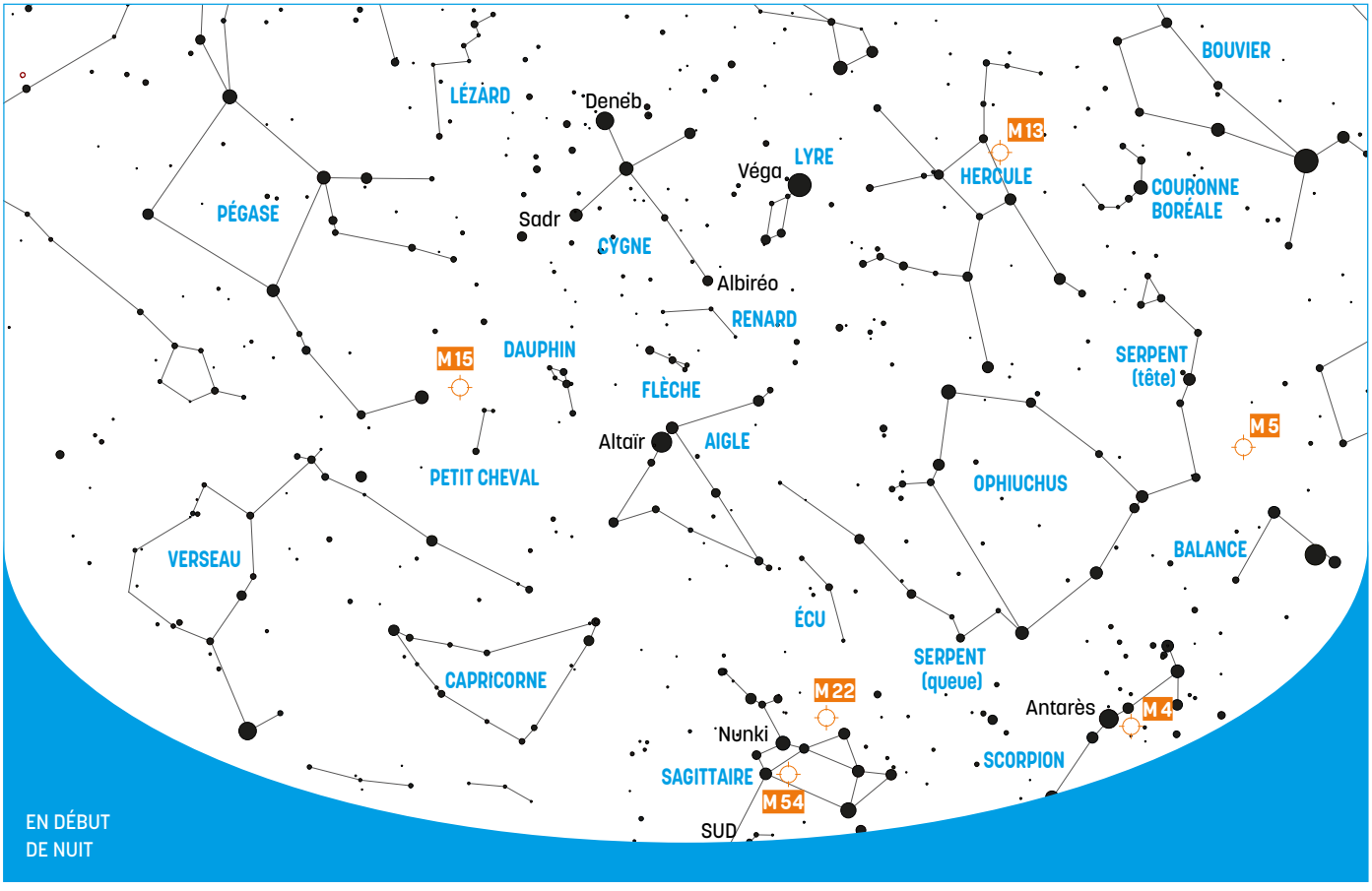
LES AMAS GLOBULAIRES DANS LE CIEL D'ÉTÉ

Les amas globulaires englobent le centre de notre galaxie comme un essaim d'abeilles. Aux jumelles, vous pouvez avoir un aperçu de cette répartition sphérique. Un télescope vous aidera ensuite à détailler leur contenu et à saisir toute leur richesse.

Emmanuel Beaudoin

De loin, aux jumelles

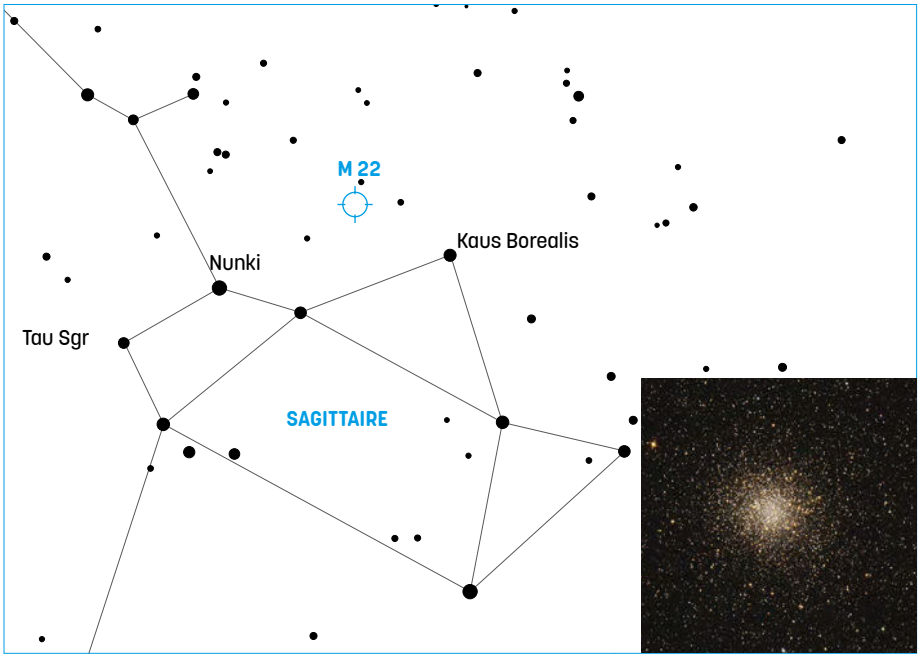
Les galaxies spirales comme la nôtre sont des disques d'étoiles aplatis, entourés d'un vaste halo sphérique contenant des dizaines, voire des centaines d'amas globulaires. Une expérience intéressante consiste à saisir la distribution de ceux-ci hors du plan de la Voie lactée, simplement aux jumelles. Dans un ciel noir et sans Lune, commencez par contempler à l'œil nu la bande lumineuse de la Voie lactée, avec son bulbe proéminent dans la constellation du Sagittaire. Vous regardez alors vers le centre de notre galaxie. Ensuite, localisez sur notre carte les amas globulaires que nous avons sélectionnés et pointez-



les avec des jumelles. Des 8 x 40 ou mieux, des 10 x 50, conviennent très bien (le premier chiffre indique le grossissement des jumelles, et le second, le diamètre de leurs objectifs). Commencez par l'amas M 22, situé quasiment dans le disque galactique. Il est visible comme une large tache diffuse légèrement ovale, entre deux étoiles brillantes. Basculez alors du côté ouest de la Voie lactée, avec M 4. Cet objet étendu et incolore contraste avec les étoiles voisines : Antarès, orangée, et Sigma Scorpii, bleutée. Allez ensuite jusqu'à M 5 dans le Serpent. Cet amas lumineux se trouve à 0,5° au nord-ouest de l'étoile 5 Serpentis, de magnitude 5. Continuez enfin de vous éloigner du bulbe en pointant M 13 dans Hercule. Cet amas, bien en dehors du plan galactique, apparait comme une boule diffuse brillante, entre deux étoiles de magnitude 7 qui n'ont pas la même teinte. L'expérience de s'éloigner du bulbe peut ensuite être réalisée de l'autre côté de la Voie lactée, en commençant avec l'amas M 54 pour terminer avec M 15, bien plus loin dans Pégase. Ces deux astres sont visibles comme des petites étoiles floues aux jumelles, M 15 étant le plus brillant des deux. Enfin, reprenez une vision d'ensemble à l'œil nu, en retenant bien l'endroit où se situent les amas globulaires que vous venez d'observer : leur distribution de part et d'autre du bulbe est impressionnante et reflète la troisième dimension de la Voie lactée.

De près, au télescope

Les astres que vous venez de survoler aux jumelles méritent d'être observés de nouveau au télescope : en grossissant, vous allez pouvoir distinguer leur cœur et, selon la puissance de votre instrument, y résoudre de nombreuses étoiles.



© E. Beaudoin/CBE

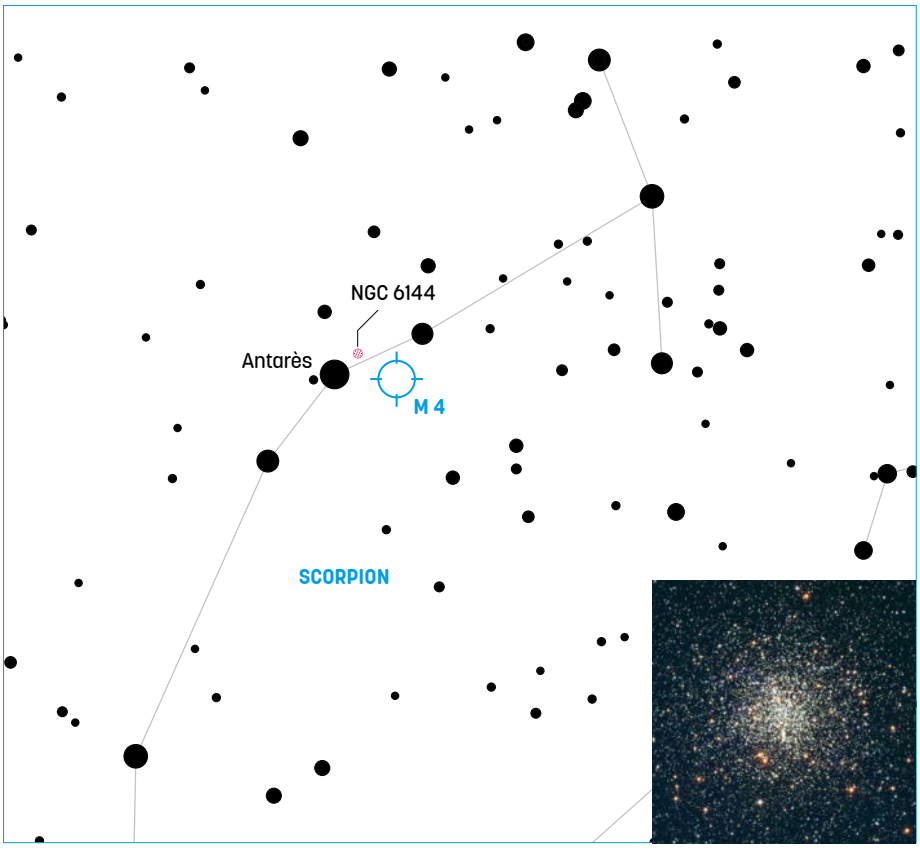
MESSIER 22

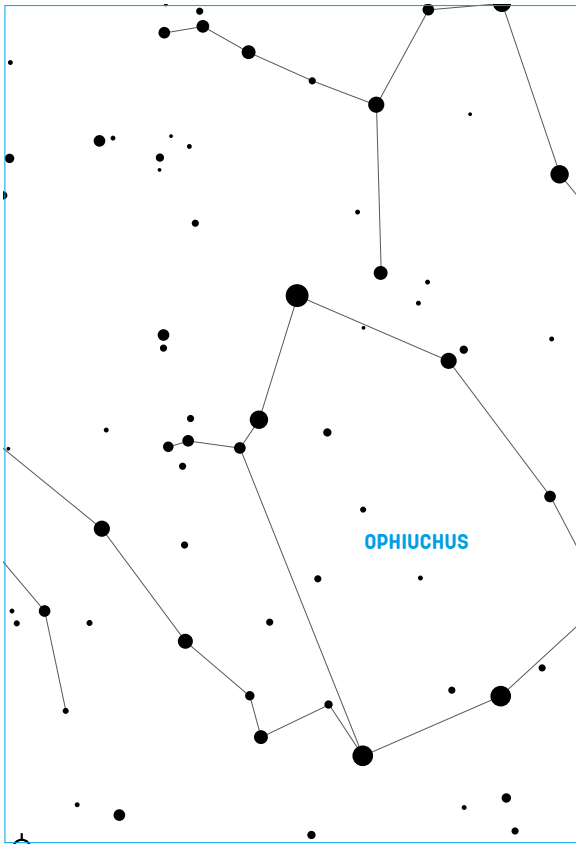
Ascension droite : 18 h 37 min 59 s
Déclinaison : – 23° 53′
Magnitude : 5,2
Constellation : Sagittaire

M 22 a été le premier amas globulaire découvert, grâce à l'astronome amateur allemand Johann Abraham Ihle en 1665. C'est aussi l'un des premiers objets de ce type à avoir été étudié en détail. En 1930, Harlow Shapley y dénombra près de 70 000 étoiles, dans une sphère de 100 années-lumière. Cet amas globulaire est situé presque dans le plan de la Galaxie. Il apparait ainsi devant les nuages lumineux de la Voie lactée. L'étude de ses étoiles variables a permis d'établir sa distance de façon précise : à seulement 10 500 années-lumière, c'est l'un des amas globulaires les plus proches de nous, après M 4. Sa forme elliptique est rare. On ne la retrouve qu'avec quelques spécimens, notamment le célèbre Oméga du Centaure.

Observation

M 22 est l'amas globulaire le plus brillant visible depuis nos latitudes tempérées. Hélas, il est bas sur l'horizon, si bien que l'atmosphère atténue son éclat. Les bons observateurs le perçoivent en tout cas à l'œil nu lors de nuits pures. Au télescope, la turbulence atmosphérique est un autre facteur affectant particulièrement l'observation des astres bas dans le ciel. Quand elle est faible, la surface de M 22 est déjà résolue en de nombreuses étoiles faibles, dans un instrument de 80 à 100 mm d'ouverture. Si la turbulence est moins coopérative, l'amas apparait simplement granuleux. Avec un diamètre de 200 mm et de bonnes conditions, cet amas globulaire est résolu jusqu'à son centre, en un prodigieux amoncellement d'étoiles.





© NOAO/AURA/NSF/CSE

MESSIER 4

Ascension droite : 16 h 25 min 11 s
Déclinaison : – 26° 35′
Magnitude : 5,5
Constellation : Scorpion

Situé à 7 200 années-lumière, M 4 est l'amas globulaire le plus proche de nous. Il est aussi l'un des moins concentrés. De telles caractéristiques permettent de distinguer facilement ses étoiles. C'est Charles Messier qui réussit cet exploit le premier, malgré l'utilisation d'instruments d'assez piètre qualité. En 1987, les astronomes y ont détecté le premier pulsar « milliseconde » : cette étoile à neutrons boucle une rotation en 3 millièmes de seconde (c'est 10 fois plus rapide que le célèbre pulsar du Crabe, dans la nébuleuse du Crabe M 1). Des observations récentes effectuées à l'aide du télescope spatial Hubble suggèrent que le cœur de l'amas abrite un trou noir d'environ 800 masses solaires.

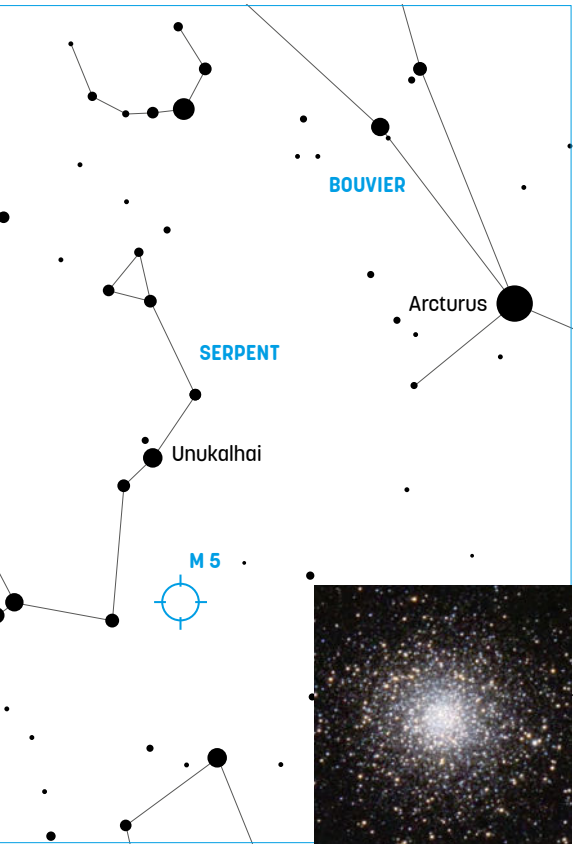
Observation

M 4 est à 1° à l'ouest de la géante rouge Antarès. Comme pour M 22, l'absorption atmosphérique atténue la lumière et il vaut mieux observer par ciel pur. Une lunette de 80 mm avec un grossissement de 80 x dévoile déjà de nombreuses étoiles sur toute la surface. On distingue une belle barre stellaire orientée nord-sud. M 4 est résolu dans un télescope de 150 mm. Un petit défi consiste à localiser NGC 6144, un compère moins lumineux (magnitude 9,5) et encore plus près d'Antarès. Cet amas est décelable dans un instrument de 100 mm en faisant sortir Antarès du champ. Il apparait tout juste granuleux dans un télescope de 300 mm de diamètre.

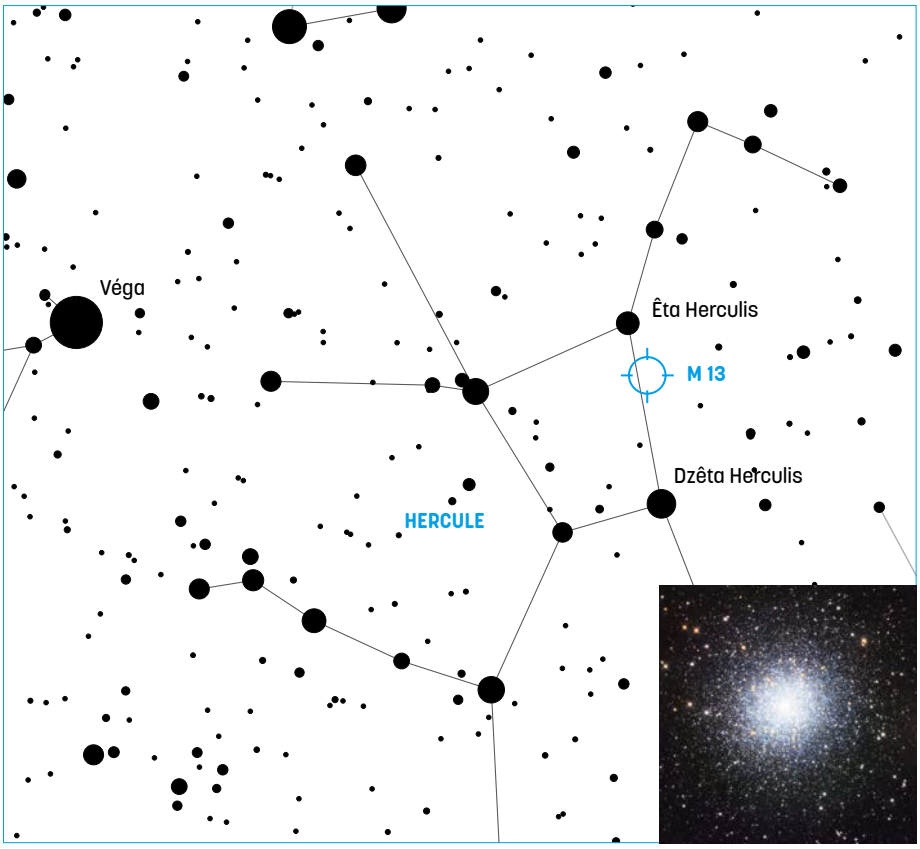
MESSIER 5

Ascension droite : 15 h 19 min 52 s
Déclinaison : +1° 59′
Magnitude : 5,6
Constellation : Serpent

Avec plus de 500 000 étoiles et un diamètre dépassant 150 années-lumière, Messier 5 est un poids lourd de sa catégorie. Il est situé au nord du plan de notre galaxie, à 25 000 années-lumière de nous. Cet amas globulaire contient plus d'une centaine d'étoiles variables, en majorité des RR Lyrae, mais aussi une bonne dizaine de céphéides. Ces étoiles géantes sont bien plus brillantes et rares que leurs petites cousines, les RR Lyrae. Les variations d'éclat régulières de toutes ces étoiles permettent de remonter à la distance des amas globulaires avec une bonne précision.



© E. Beaudoin/C&E



© R. Gendler/C&E

Observation

Messier 5 dévoile ses étoiles périphériques dans une lunette de 100 mm de diamètre, en grossissant entre 100 et 150 x. Le cœur de l'amas est granuleux dans un télescope de 200 mm et peut être entièrement résolu à plus grande ouverture. Si vous êtes patient et attentif, vous pourrez remarquer le changement d'éclat de l'étoile la plus brillante de l'amas, une céphéide située à l'ouest du cœur. Cet astre dénommé V42 oscille entre magnitude 10,5 et 12, sur une période de 25 jours. Un instrument de 100 mm suffit pour mener à bien cette observation. Si vous êtes astrophotographe, prenez des photos de M 5 sur quelques nuits. En assemblant ces images en un gif animé, de nombreuses étoiles se mettront à clignoter.

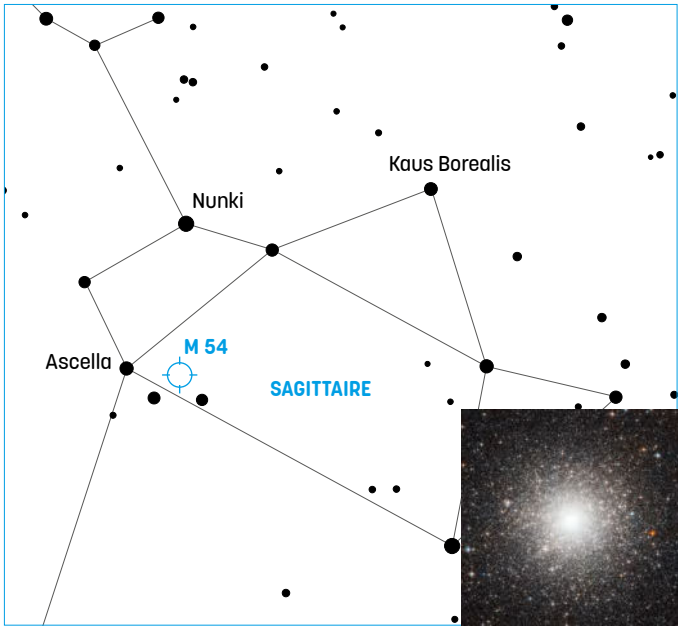
MESSIER 13

Ascension droite : 16 h 42 min 38 s
Déclinaison : +36° 25′
Magnitude : 5,8
Constellation : Hercule

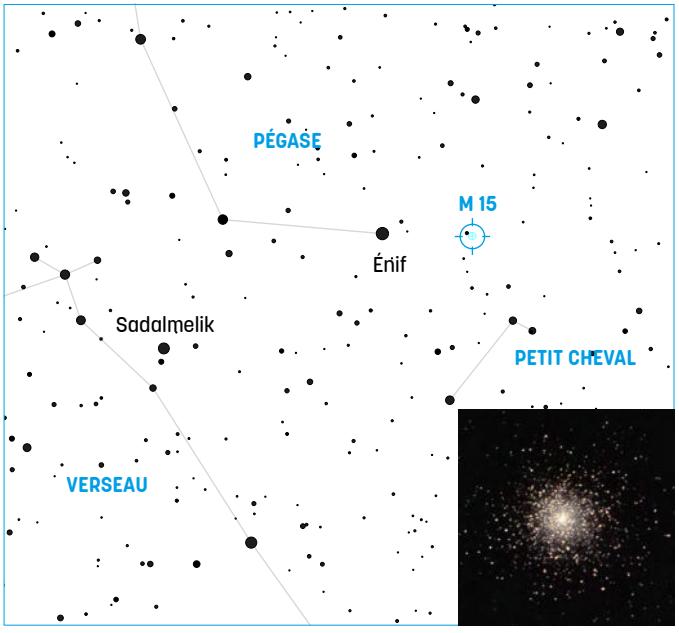
Messier 13 est un gros amas globulaire, du même gabarit que M 5. Comme beaucoup de ses congénères, l'amas d'Hercule possède un grand nombre d'étoiles bleues (donc jeunes en théorie), alors qu'il est âgé de plus de 12 milliards d'années. Ces astres inattendus pourraient résulter de collisions à l'intérieur de l'amas, dépouillant les étoiles de leur enveloppe externe. Une partie d'entre eux pourraient en outre venir de l'extérieur de l'amas et avoir été capturés. L'humanité a envoyé un message en direction de M 13 en 1972 grâce au radiotélescope d'Arecibo. Si les hypothétiques habitants de cet amas nous répondent immédiatement, nous recevrons leur message dans… 50 000 ans !

Observation

À moins d'une excellente vue, M 13 est difficile à distinguer à l'œil nu. Une trentaine d'étoiles périphériques sont visibles dans un instrument de 80 à 100 mm d'ouverture, autour du centre diffus. Dans un télescope de 150 mm à 200 mm, d'innombrables petites piqûres lumineuses parsèment directement toute la surface. Certains groupes d'étoiles forment des tentacules qui semblent s'échapper du cœur. M 13 est largement résolu dans un diamètre de plus de 300 mm. Avec une telle ouverture, tentez de reconnaitre une sorte d'hélice à trois branches dessinée par trois chenaux sombres à l'ouest sur la surface.



© Nasa/ESA



© J.-L. Dauvergne/CCE Photos

MESSIER 54

Ascension droite : 18 h 55,0 m
Déclinaison : – 30° 29′
Magnitude : 7,7
Constellation : Sagittaire

M 54 est un amas lointain, situé à 87 000 années-lumière de nous et à 60 000 années-lumière du centre de la Voie lactée. Sa masse équivaut à celle de 180 000 Soleils. Les astronomes ont longtemps pensé qu'il était un simple amas du halo galactique, parmi quelque 150 autres congénères. Mais en 1994, ils ont eu la surprise de découvrir qu'il appartenait en réalité à une galaxie satellite de la nôtre, SagDEG (de l'anglais Sagittarius Dwarf Elliptical Galaxy). Cette galaxie elliptique naine est moitié plus proche de nous que le Grand Nuage de Magellan et finira probablement happée par la Voie lactée. Repéré par Messier en 1778, M 54 est ainsi le premier amas globulaire observé dans une galaxie extérieure à la nôtre.

Observation

M 54 culmine particulièrement bas depuis nos latitudes. Malgré tout, il apparait sans difficulté dans une lunette de 60 mm, lorsque la transparence est bonne, petit et de luminosité homogène. Dans des instruments de 100 à 200 mm d'ouverture, cet amas dévoile un cœur très compact et une périphérie diffuse. Peu d'étoiles sont résolues, même dans un télescope de 350 mm à fort grossissement. En observant M 54, songez qu'il est le seul amas globulaire appartenant à une autre galaxie, visible dans un petit télescope.

MESSIER 15

Ascension droite : 21 h 29 min 58 s
Déclinaison : +12° 10′
Magnitude : 6,2
Constellation : Pégase

M 15 est situé hors du plan de notre galaxie, du côté sud cette fois (le pôle Sud galactique se trouve dans le Sculpteur). Il est à 34 000 années-lumière à la fois du Système solaire et du centre de notre galaxie. Cet amas est l'un des plus compacts connus. Son cœur, petit et dense, serait en effondrement sur lui-même, peut-être à cause de l'attraction d'un trou noir central. Ce dernier n'est pas observable, mais le fait que M 15 soit une source de rayons X semble confirmer cette hypothèse. M 15 est l'un des quatre amas globulaires connus renfermant une nébuleuse planétaire, Pease 1, découverte en 1927. Celle-ci ne mesure que 1" d'arc.

Observation

M 15 est bien visible dans une lunette de 60 mm, comme une boule diffuse plus lumineuse au centre. Dans un instrument de 100 mm avec 150 x de grossissement, l'amas dévoile une couronne périphérique large et granuleuse, sur laquelle quelques étoiles apparaissent. Le centre surprend par sa petitesse et sa brillance. Dans un télescope de 200 mm, ce cœur devient granuleux, mais il n'est pas résolu pour autant. La périphérie laisse entrevoir un grand nombre de fines piqûres lumineuses. Dans un gros télescope, une multitude d'étoiles se répartissent en vastes tentacules depuis le centre très brillant. Celui-ci dévoile de nombreuses étoiles. Les astrophotographes pourront tenter de viser Pease 1, située au nord-est du cœur.

Association française d'Astronomie

ENGAGEZ-VOUS
POUR LA DIFFUSION DES SAVOIRS

DR

Pour continuer à démocratiser l'accès à l'astronomie, nous avons besoin de vous. Lorsque vous faites un don à l'AFA, vous nous donnez les moyens de poursuivre notre mission et de mettre en place de nouveaux projets.

Pour consulter tous nos événements et soutenir nos actions, rendez-vous sur **https://www.afastronomie.fr/**

L'ÂGE D'OR DES OCCULTATIONS

Si vous voulez mettre du sel dans vos observations, vous devriez vous pencher sur les occultations d'étoile par des astéroïdes. Les données du télescope spatial Gaia multiplient les occasions de réussite et, pourquoi pas, de découvrir des satellites ou des anneaux autour de ces petits astres.

Jean-Luc Dauvergne

« *La période de juin à septembre est très prolifique en évènements. Il faut en profiter* », prévient Raphaël Lallemand. Ce jeune étudiant en thèse à l'observatoire de Paris-Meudon travaille sur le projet Gaia Moons. Le but est de trouver des satellites autour d'astéroïdes par la méthode des occultations stellaires. L'idée est de suivre le passage d'un astéroïde devant une étoile, qui disparait un bref instant. L'éclipse dure de la demi-seconde à quelques secondes selon la taille de l'astéroïde et de sa distance. En mesurant l'instant et la durée de cette occultation, les astronomes obtiennent une information sur la taille du petit astre avec un niveau de résolution bien supérieur à celle des meilleurs télescopes. Mieux, des observations nombreuses et coordonnées permettent de tracer les contours de l'objet et de détecter la présence éventuelle d'un satellite ou d'un anneau. Comme l'union fait la force, les professionnels ont donc besoin des astronomes amateurs.

Découvrir les satellites autour des astéroïdes permet de déterminer leur masse (vue d'artiste). DR

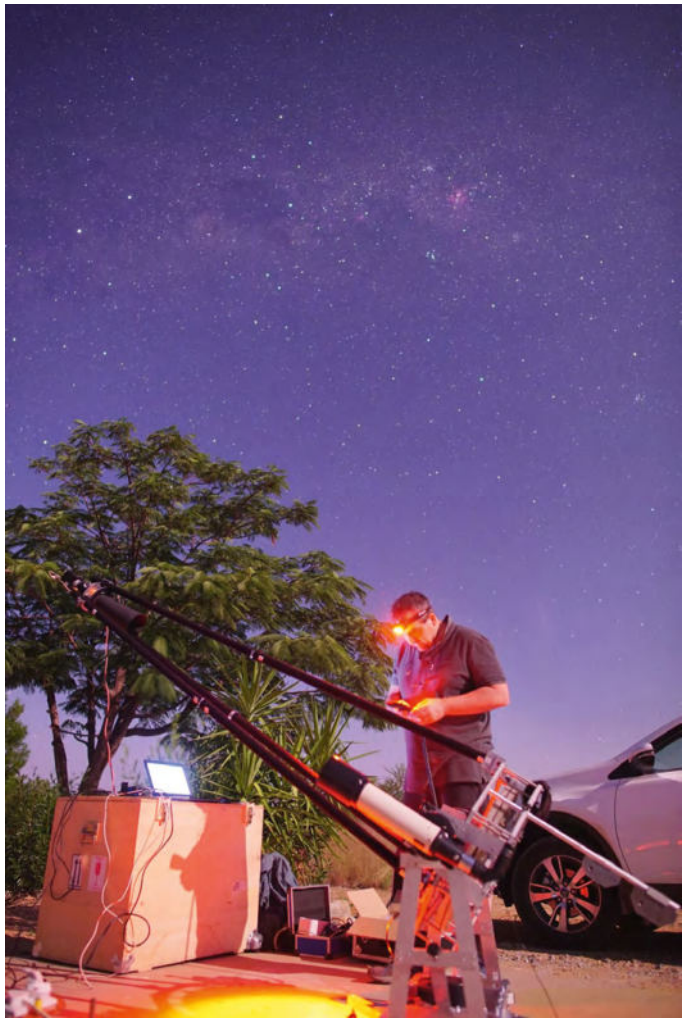
Le programme Gaia Moons s'appuie sur les mesures du télescope spatial européen Gaia. Celui-ci a pour mission de déterminer la position des étoiles avec une précision inédite. Ce faisant, Gaia suit aussi les astéroïdes, et il s'avère que beaucoup d'entre eux ne filent pas droit. Ces anomalies de trajectoire trahissent la probable présence d'un petit satellite autour d'eux. *« La première analyse effectuée par la chercheuse brésilienne Luana Liberato, à partir de 34 mois de données Gaia seulement, montre qu'il y a environ 350 astéroïdes suspectés d'être binaires,* souligne Paolo Tanga. *Parmi ces candidats, 70 sont de meilleure qualité. »* Gaia Moons a détecté un potentiel satellite autour de l'astéroïde (1127) Mimi. Mieux, la discipline des occultations entre dans son âge d'or, car les données de Gaia permettent aussi d'obtenir des éphémérides d'une précision chirurgicale. Il y a encore dix ans, on pouvait parfois constater des erreurs de plusieurs centaines de kilomètres, et il arrivait régulièrement aux observateurs de faire chou blanc. À présent, une prévision pour un objet de la Ceinture d'astéroïdes est généralement juste à quelques kilomètres près, et pour les corps situés au-delà de Saturne, quelques dizaines de kilomètres.

Des anneaux pour Lucky Star

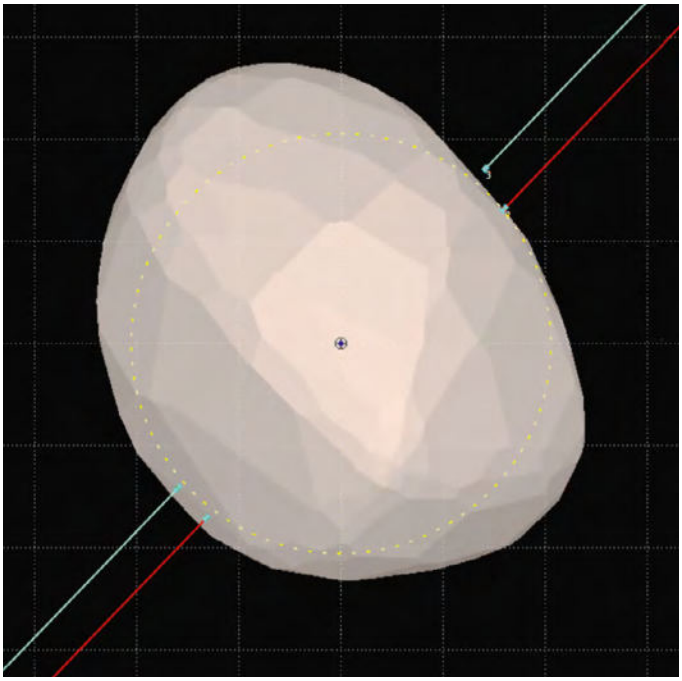
Un autre projet tire parti de la qualité des données de Gaia : Lucky Star. *« Notre objectif est d'obtenir la forme 3D des objets, afin de contraindre leur densité,* explique Felipe Braga Ribas, de l'université de Paraná, au Brésil. *On cherche aussi à étudier leur environnement pour détecter des anneaux et une atmosphère. »* Ce programme a déjà des réussites à son actif, comme la découverte d'un système d'anneau autour de Chariklo, un astéroïde de 296 km situé entre Saturne et Uranus. Lucky Star a d'ailleurs répertorié un bel évènement dans la nuit du 3 au 4 septembre 2025 : Astyanax masque tour à tour deux étoiles ! Cet objet de 28 km est un astéroïde troyen, c'est-à-dire une brique primordiale du Système solaire restée captive de la planète Jupiter. *« Nous allons organiser une campagne d'observation. Les données seront traitées par l'équipe de Lucky Star »*, annonce Felipe Braga Rivas. Du côté de Gaia Moons, *« il y a deux occultations par Boliviana et El Djezair »*, signale Raphaël Lallemand. Celle de Boliviana a lieu le 25 septembre 2025 vers 22 h 15, et l'étoile concernée est relativement lumineuse (magnitude 9,7). La zone occultée correspond à la largeur de l'astéroïde, soit 127 km.

Un diamètre de 20 cm est requis

Pour participer à une observation, il faut être équipé d'un télescope d'au moins 20 cm motorisé et d'une caméra monochrome (mais une caméra couleur peut convenir, faute de mieux). Il est primordial, pour mesurer l'occultation, d'avoir une datation juste, avec une précision de l'ordre du centième de seconde, voire mieux. L'horloge de l'ordinateur pilotée par Windows n'est pas assez fiable pour ça. Il existe beaucoup de solutions pour assurer cette datation précise, mais nous en retenons essentiellement deux. La caméra QHY 174M GPS, distribuée par Shelyak Instruments, est dotée d'un GPS intégré, comme son nom l'indique. Nous avons eu l'occasion d'utiliser cette caméra fiable et efficace en collaboration avec la Nasa pour préparer le survol d'Arrokoth par la sonde New Horizons en 2018. Elle a juste deux défauts. Son prix est élevé : 1 404 €. Le choix du capteur IMX 174 se justifie par son mode de lecture plutôt rare dans l'offre existante : tous les pixels sont lus simultanément, on parle de « global shutter ». Il existe de tels capteurs plus récents : les IMX 426, 429 et 432. Si vous êtes déjà équipé d'une caméra, vous pouvez l'utiliser, mais elle fonctionne probablement en « rolling shutter » : la lecture se fait ligne



Les occultations amènent parfois à voyager, comme ici en Namibie avec un télescope de 500 mm de l'association Iota. © J.-L. Dauvergne



Ci-dessus, le résultat de l'occultation d'Hannibal observé pour préparer cet article. Le modèle 3D de l'astéroïde tel qu'on le connait a été superposé. Ci-contre : la TimeBox II doit être reliée à un GPS.

après ligne. Le temps de lecture global est de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes ; ce délai peut occasionner une faible erreur sur la mesure. Pour rendre ce délai négligeable, il faut recadrer à la prise de vue le champ observé pour réduire le nombre de lignes à lire, tout en conservant au moins deux étoiles de référence dans le champ.

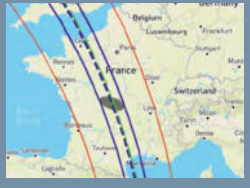
Une TimeBox pour la datation

Pour assurer la datation exacte, nous préconisons la TimeBox conçue par Shelyak Instruments. La version II sortie début 2025 est proposée à 186 €. *« On a une précision de 2 ms sur la datation GPS. En pratique, le logiciel corrige l'horloge du PC si sa différence PC/GPS atteint 2 ms,* indique François Cochard, cofondateur de Shelyak. *On a aussi revu en profondeur le logiciel, pour avoir quelque chose de simple et intuitif à utiliser. »* Nous avons pu essayer l'un des tout premiers modèles sortis d'atelier. Et en effet, son usage est devenu enfantin. Nous avons testé son efficacité le 11 avril, lors de l'occultation d'une étoile de la Coupe par l'astéroïde Hannibal. Nous avons mis côte à côte un télescope de 260 mm muni d'un kit d'observation de l'observatoire de Paris, et un télescope de 250 mm équipé d'une TimeBox II et d'une caméra Player One Uranus M. Aux marges d'erreur près, la TimeBox II donne la même mesure que le système de référence. Autre atout de la TimeBox, elle est dotée d'une LED que l'on peut faire clignoter à intervalles réguliers. Il est intéressant de la placer à l'avant du télescope juste avant l'occultation, après avoir commencé l'enregistrement, pour mesurer un éventuel délai de datation causé par l'informatique ou le temps de lecture de la caméra si elle fonctionne en rolling shutter.

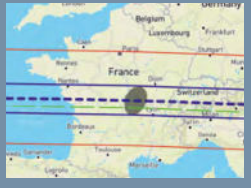
Pour préparer une occultation, soyez méthodique. Première chose à faire : créez-vous un compte sur le site Occultation Portal. Vous aurez alors accès à un calendrier

LES PROCHAINS RENDEZ-VOUS

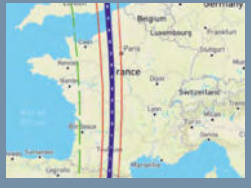
Date : 19 juillet
Astéroïde : JUVISIA
Diamètre : 168 km
Magnitude étoile : 13,1
Heure : 0 h 51 / **Durée :** 5,6 s
Programme : Gaia Moons



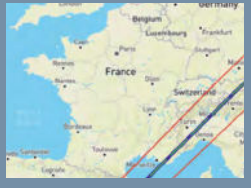
Date : 26 juillet
Astéroïde : BOLIVIANA
Diamètre : 120 km
Magnitude étoile : 13,8
Heure : 1 h 42 / **Durée :** 11,7 s
Programme : Gaia Moons



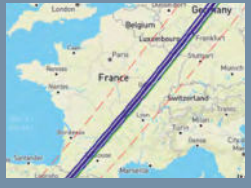
Date : 12 aout
Astéroïde : 1991 PB3
Diamètre : 11 km
Magnitude étoile : 12,6
Heure : 0 h 50 / **Durée :** 0,5 s
Programme : Gaia Moons



Date : 29 aout
Astéroïde : 2000 SW 155
Diamètre : 9,3 km
Magnitude étoile : 10,6
Heure : 22 h 51 / **Durée :** 0,9 s
Programme : Gaia Moons



Date : 4 septembre
Astéroïde : ASTYANAX
Diamètre : 28 km
Magnitude étoile : 12,6
Heure : 0 h 35 / **Durée :** 2 s
Programme : Lucky Star



avec tous les évènements Gaia Moons, Lucky Star et d'autres programmes comme Across. *« Celui-ci est consacré à des occultations "difficiles" comme les astéroïdes géocroiseurs »*, note Paolo Tanga. En cliquant sur une occultation, vous aurez l'essentiel des informations et un lien plus détaillé vers la page dédiée sur Lucky Star, Gaia Moons ou OW Cloud pour Across. Une carte interactive vous aide à trouver un point d'observation et à obtenir des circonstances locales très précises, en particulier l'horaire de l'occultation. Explorez Google Earth pour dénicher un chemin au milieu des champs avec la vue dégagée (attention aux arbres). Occultation Portal permet également de s'enregistrer en amont d'une occultation. Il est aussi possible de le faire sur OW Cloud ; ce site a l'avantage de montrer la position des personnes disponibles pour une observation donnée.

Que vous pointiez manuellement votre télescope ou bien avec un système Go-To, il vous faut une carte du champ pour repérer l'étoile occultée. Nous conseillons d'imprimer le champ visé à partir du DSS sur le site de l'ESO (https://archive.eso.org/dss). On indique les coordonnées de l'étoile concernée, la largeur du champ, et le format gif. Pour savoir quelle est la largeur du champ de votre instrument en minutes d'arc, prenez la largeur du capteur, divisé par la focale du télescope que vous multipliez par 3438.

Pour la prise de vue, le logiciel SharpCap est recommandé. Vous pouvez incruster l'heure dans l'image. En termes de réglage de la caméra, le but va être de réaliser un temps de pose aussi court que possible tout en gardant l'étoile visible. Il ne faut pas hésiter à choisir un réglage de gain élevé. Dans la pratique, un temps de pose de l'ordre de 50 à 100 ms permet d'accéder à des étoiles de magnitude 11 à 12 (en fonction de la qualité du ciel, du capteur et du télescope). L'enregistrement peut se faire au format ser (ou au format filts). On déclenche l'enregistrement en général une minute avant l'occultation et l'on enregistre une minute après. Les données recueillies peuvent ensuite être téléchargées sur Occultation Portal pour une exploitation par les professionnels. Même une occultation négative est importante à rapporter. Si vous voulez traiter vous-même vos mesures, vous pouvez utiliser le logiciel Tangra [1]. Un tutoriel est disponible sur le site de l'AFA [2]. Bonnes observations !

(1) http://www.hristopavlov.net/Tangra/LightCurves.html

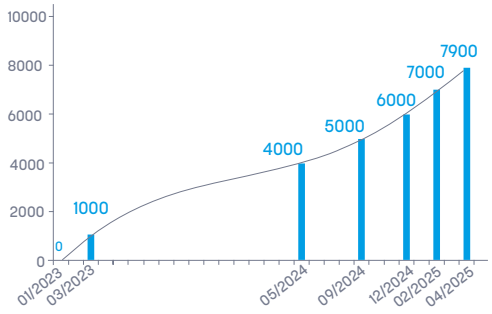
(2) https://www.youtube.com/watch?v=SZTLtN0QuT8&t=2688s

POUR ALLER PLUS LOIN

Outre celles déjà citées, de nombreuses autres occultations sont visibles au cours de l'année. Vous pouvez produire vos propres prévisions en fonction de votre lieu et dans un rayon d'action que vous aurez défini en utilisant le logiciel Occult Watcher [1]. L'observateur doit lui-même traiter ses données et publier le résultat sur le site Sodis [2].

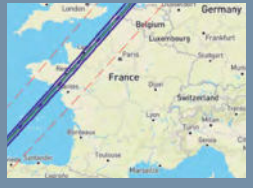
(1) https://www.occultwatcher.net/publish.htm

(2) Tutoriel disponible sur le site : https://iota-es.de/sodis/Sodis_manual_engl.pdf

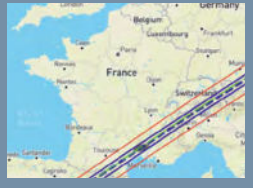


Le nombre de rapports d'observation sur la base de données Sodis progresse rapidement depuis sa création en 2023.

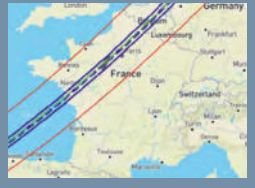
Date : 4 septembre
Astéroïde : ASTYANAX
Diamètre : 28 km
Magnitude étoile : 11,6
Heure : 1 h 40 / **Durée :** 2 s
Programme : Lucky Star



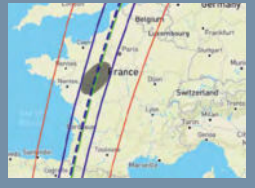
Date : 7 septembre
Astéroïde : SENTA
Diamètre : 38 km
Magnitude étoile : 12,6
Heure : 0 h 50 / **Durée :** 1,7 s
Programme : Gaia Moons



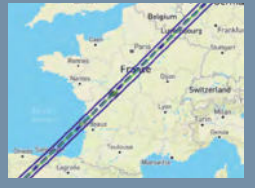
Date : 11 septembre
Astéroïde : EL DJEZAIR
Diamètre : 23 km
Magnitude étoile : 10,4
Heure : 0 h 49 / **Durée :** 2,2 s
Programme : Gaia Moons



Date : 25 septembre
Astéroïde : BOLIVIANA
Diamètre : 120 km
Magnitude étoile : 9,7
Heure : 22 h 15 / **Durée :** 20,5 s
Programme : Gaia Moons



Date : 6 octobre
Astéroïde : TUBINGIA
Diamètre : 35 km
Magnitude étoile : 11,3
Heure : 0 h 20 / **Durée :** 4,4 s
Programme : Gaia Moons



TOKINA SZ 600 MM PRO REFLEX F8 MF CF

UN TÉLÉOBJECTIF DE POCHE

Le fabricant d'objectifs Tokina lance trois téléobjectifs à miroir et vise notamment le marché de l'astronomie. Dans cette série, le 600 mm a plus particulièrement retenu notre attention.

Jean-Luc Dauvergne

Tokina remet au goût du jour les téléobjectifs à miroirs. Basées sur une formule Maksutov bien connue des astronomes amateurs, ces optiques présentent deux avantages : permettre d'accéder à de longues focales avec une optique très compacte et limiter fortement le coût de fabrication. Les trois nouveaux venus sont un 300 mm f/7,1, un 600 mm f/8 et un 900 mm f/11. Tous sont disponibles en montures Canon, Sony et Fuji. Ce test se concentre sur le 600 mm, qui nous semble le plus intéressant de la série. Le 300 mm est concurrencé par des téléobjectifs classiques, et le 900 mm manque de polyvalence et de luminosité avec son ouverture de f/11. L'objectif de 600 mm n'est pas un simple télescope miniature. Il a, en plus du miroir primaire et du miroir secondaire, cinq lentilles en trois groupes pour corriger au mieux le champ observé. Son prix de 399 € est d'autant plus impressionnant. L'obstruction centrale de 50 % est élevée, mais ce compromis est inévitable pour avoir une optique compacte. À l'avant, un filetage de 78 mm permet de visser un pare-soleil métallique long de 46 mm. Il permet de retarder l'apparition de la buée.

Le Tokina SZ 600 mm Pro est un concentré d'optique avec ses 2 miroirs et ses 5 lentilles en 3 groupes.

TOKINA SZ 600 MM

Focale : 600 mm
Diamètre : 75 mm
Distance minimale de mise au point : 1,77 m (ratio macro 1/2,5)
Mise au point : Manuelle
Obstruction centrale : 50 %
Diamètre des filtres : 77 mm
Dimensions : 89 x 125 mm
Poids : 545 g
Prix : 399 €

Sur le ciel, des étoiles fines sur tout le champ

Cette optique est recommandée par Tokina pour une utilisation avec un capteur au format APS-C. En réalisant une plage de lumière uniforme, on constate que l'éclairement est correct sur un cercle de 28 mm. Il est de 70 % au bord de ce champ et décroit assez fortement au-delà pour tomber à 0 % dans les coins d'un capteur plein format. Il n'y a pas de hasard : 28 mm, cela correspond à la diagonale des capteur APS-C que l'on trouve chez Sony et Fuji. Chez Canon, la diagonale est un peu plus petite (26,6 mm). Une telle optique sur un capteur APS-C couvre un champ de 2,6°, soit 5 fois la taille apparente de la Lune. Une configuration idéale pour des cibles comme les Pléiades, les Dentelles du Cygne, la galaxie du Triangle, etc.

Sur le ciel, nous avons été agréablement surpris. Les étoiles sont rondes et homogènes sur tout le champ, même en utilisant un capteur plein format (24x36). Simplement, l'image devient granuleuse sur les bords du fait du vignetage. Elle est même inexploitable dans les coins, car ils ne reçoivent pas du tout de lumière. Le plus délicat est la mise au point. Celle-ci s'obtient en tournant le barillet comme sur un objectif à lentilles classique. Mais le réglage varie assez vite et doit donc être ajusté finement, même si Tokina a prévu une plage de rotation de 270° assez large. Même si les étoiles sont fines, il faut garder à l'esprit que l'optique est peu lumineuse. Nous avons mesuré une transmission de 86 %, mais il y a en plus 25 % de perte due à l'obstruction centrale. La quantité de lumière transmise est donc de 65 % par rapport à une optique parfaite de même diamètre. Autrement dit, on a en transmission lumineuse l'efficacité d'une lunette de 58 mm ouverte à f/10,5. À la vue de cette caractéristique, une des

L'amas globulaire M13 a été photographié par un Sony Alpha 7 III, avec un temps de pose de 4 minutes. La lumière n'atteint pas les coins, mais le champ couvert dépasse les 28 mm d'un capteur APS-C.

applications les plus évidentes sera la photographie du Soleil ou de la Lune. En particulier pour des couchers de Soleil ou des tentatives de capter le rayon vert. Nous avons visé la Lune en croissant avec sa lumière cendrée : le résultat est bon. On note néanmoins un reflet (à peine visible) du croissant dans le fond de ciel. Il y a intérêt à centrer le croissant lui-même dans le champ pour éviter ce défaut. Côté ergonomie, l'objectif n'est pas doté d'une fixation pour trépied. À défaut, il faut prévoir une solide rotule, car elle sera forcément déséquilibrée.

En terrestre, des capacités étonnantes

Avec une telle optique obstruée et à mise au point manuelle, on peut se demander si l'usage en terrestre est viable. L'ère numérique change un peu la donne. Les viseurs électroniques permettent de surligner les zones nettes. La faible luminosité peut être compensée en montant à 1 000, voire 2 000 ISO. Les images obtenues ont un rendu assez doux en raison de l'obstruction, mais les détails sont bien là, et il est possible de booster le contraste et la dynamique de l'image au traitement.

♥ Optique compacte
Budget serré

♠ Mise au point sensible
Pas de fixation sous l'objectif

NOTRE CONCLUSION

Ce test montre que le progrès des appareils photo numériques offre l'occasion de remettre au goût du jour les objectifs à miroirs. Tokina a su la saisir avec une offre de qualité. Le 600 mm est le plus polyvalent de la gamme et donne accès à de longues focales dans un budget contenu avec un niveau de performance satisfaisant. C'est une optique intéressante en astronomie, en particulier pour débuter ou pour voyager léger.

OCULAIRE HOUDINI 20 MM

ABRACADABRA LA COMA !

Lancée par un passionné, la marque Houdini propose des oculaires capables de corriger la coma souvent présente en bord de champ sur les télescopes de Newton assez ouverts. Le résultat est surprenant, avec un premier oculaire plus polyvalent qu'il n'y parait.

Jean-Luc Dauvergne

Houdini est une nouvelle marque d'oculaires créée par Robert Houdart. Cet astronome amateur belge, équipé d'un Dobson de 1,1 m, a conçu l'oculaire dont il rêvait et en a confié la fabrication à Kunming United Optics, en Chine. Nous avons testé la première focale disponible dans la gamme : le 20 mm. Son innovation réside dans la faculté d'effacer comme par magie l'aberration de coma sur les télescopes Newton, quelle que soit leur ouverture à partir de f/3. Sur cette formule optique en effet, au lieu de rester ponctuelles, les étoiles prennent la forme d'une comète d'autant plus allongée que l'on s'éloigne de l'axe optique (sur les bords du champ). Le problème est néanmoins résolu de longue date avec l'ajout d'un correcteur de coma. Mais cet accessoire est lourd et coûteux. Par exemple, le Televue Paracorr II pèse 500 g. Et si l'on ajoute un Nagler de 22 mm, l'ensemble dépasse largement le kilogramme, pour un prix total de 1 410 € ! Chez Explore Scientific, le correcteur maison avec le 24 mm de 82° de champ affiche un poids comparable pour un montant de 625 €. Mais aucun fabricant n'avait pensé s'aventurer à proposer un oculaire qui corrige directement la coma. Houdini est donc le premier. Le 20 mm a été précédé par un 12 mm. Un 7 mm, un 30 mm et un 9 mm sont prévus ensuite dans cet ordre.

L'amas globulaire M13 a été photographié par un Sony Alpha 7 III, avec un temps de pose de

OCULAIRE HOUDINI 20 MM

Focale : 20 mm
Champ apparent : 86°
Architecture : 8 lentilles en 6 groupes
Longueur : 140 mm
Coulant : 50,8 mm
Dégagement oculaire : 20 mm
Poids : 570 g
Prix : 399 €

Première approche

Le Houdini 20 a une taille et un poids respectables de 570 g et les dimensions d'un oculaire à grand champ. Le coulant de 2" est classique. Le fût est doté d'un gainage en caoutchouc strié et la prise en main est agréable. Sur le haut, une bonnette en caoutchouc est amovible. Elle est un peu rudimentaire, mais peut se rétracter aussi pour les porteurs de lunettes. Il est intéressant de noter qu'elle cache un filetage. Il serait possible de concevoir une bonnette personnalisée en impression 3D, avec un pare-lumière sur le côté par exemple, ou une forme d'anneau pour aider à centrer l'œil dans le champ. Nous avons suggéré cette évolution au fabricant, il prévoit de la tester.

Sur banc optique, on relève une transmission de lumière de 95 % dans le vert. C'est une bonne valeur, compte tenu du nombre de surfaces optiques. Ce résultat atteste de la qualité des traitements antireflets. On note une dominante jaune, mais elle est discrète. Certains oculaires, comme les Ethos ou les XW, font mieux, mais ils ne sont pas dans la même gamme de prix. Ces différences viennent des types de verres utilisés. Il faut souligner qu'un tel oculaire sert en général pour le ciel profond, domaine où notre œil perd sa sensibilité aux couleurs.

Sur le terrain

Le champ apparent de 86° est un peu supérieur aux 80 à 82° de nombreux oculaires concurrents, et cela fait une belle différence : l'impression d'immersion est garantie. Le dégagement oculaire de 20 mm est confortable, surtout pour les porteurs de lunette. Il faut soigner la position de

l'œil pour percevoir les bords et même déplacer le regard pour apprécier toute l'image. Le diaphragme de bord de champ est légèrement flou avec une irisation bleue.

Dans un télescope Newton 200/800 mm (f/4), la correction des étoiles s'est révélée très bonne sur tout le champ. Bien meilleure qu'avec un Paracorr Type I et un oculaire TS 21 mm. Un examen attentif des étoiles en bord de champ montre qu'elles sont un peu plus larges qu'au centre du champ, mais on est vraiment à la limite de ce que l'œil peut détecter. La diffusion autour d'une étoile lumineuse comme Véga est très faible : l'image est contrastée avec de belles aigrettes de diffraction dues au support du miroir secondaire du télescope. Sur l'amas M13, les étoiles sont bien résolues.

La diffusion autour d'une étoile lumineuse comme Véga est très faible

Et sur les autres instruments ?

Un oculaire optimisé pour les Newton peut faire craindre qu'il ne soit pas adapté à d'autres télescopes. En réalité, c'est plus compliqué que ça. Nous l'avons testé sur un Vixen VMC260 ouvert à f/12, connu pour son champ plan dépourvu de coma. Le Houdini 20 est calculé pour corriger des Newton entre f/3,6 et f/4. Avec un télescope de la famille de Cassegrain ouvert à f/10 et plus, le pinceau lumineux utilise une faible partie centrale du verre de champ. Du coup, la correction de la coma n'est tout simplement pas effective. Et en effet, sur le ciel, les étoiles sont fines sur tout le champ avec le VMC260. Sur un Mewlon 300 ouvert à f/11,9, la formule Dall-Kirkham engendre de la coma. On retrouve donc un champ affecté par ce défaut. Mais ce que l'on observe est bien la coma du télescope, pas un défaut de l'oculaire. Là où l'oculaire Houdini peut être mis en difficulté, c'est sur une lunette. Nous avons fait le test sur une lunette ouverte à f/6. La coma apparait dans le champ, elle est inversée par rapport à ce que l'on aurait dans un Newton. Le défaut reste acceptable, mais il sera plus fort encore sur une lunette avec un rapport d'ouverture plus bas, f/5, ou f/4.

♥ La qualité d'image
Le bouchon luminescent dans le noir

♠ L'œilleton
La légère dominante jaune

NOTRE CONCLUSION

L'oculaire Houdini 20 mm nous a enthousiasmés. Le niveau de correction des défauts optiques sur un télescope Newton est excellent. Son prix est raisonnable pour un oculaire de ce type et il a l'avantage d'offrir une certaine polyvalence, puisqu'il fonctionne parfaitement sur des télescopes de la famille des Cassegrain à f/10 et plus.

Hors-série n° 51
Les découvreurs de l'Univers

Hors-série n° 46
Débuter en astronomie
Avec une carte du ciel mobile !

Hors-série n° 49
Comètes : les gardiennes de notre histoire cosmique

Découvrez ces hors-série et nos autres parutions sur https://boutique.cieletespace.fr/numeros/

COUP DE CŒUR

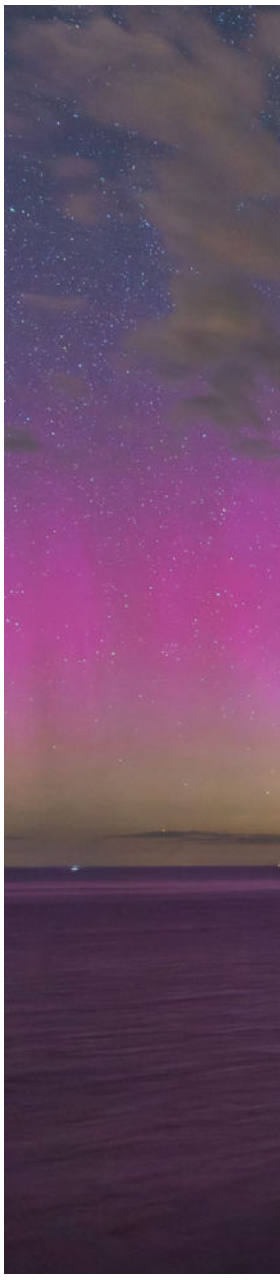
Benoît Saintot

Pendant quatre nuits, Benoît a visé NGC 3718 dans la Grande Ourse. Cette belle galaxie est relativement peu photographiée. C'est pourtant une cible de choix, avec une magnitude proche de 10 et une taille apparente de 8'. Et ses extensions les plus faibles sont ici bien mises en évidence.

Télescope TS Optics f/4 / ASI 2600 MM / 23 h avec des filtres LRVB

Adressez-nous vos photos à : *ouvertlanuit@cieletespace.fr* . Merci de nous envoyer vos images à leur résolution maximale, de préférence dans un format JPEG peu compressé.

Rubrique réalisée par JEAN-LUC DAUVERGNE



Philippe Mousette

Cette série montre les différentes phases de l'éclipse de Lune du 14 mars 2025. Le phénomène était bas sur l'horizon en France. En revanche, il était haut dans le ciel du Canada. Philippe a pu en profiter depuis Cap-Rouge. Notez les nuances de couleur en bord d'ombre : elles diffèrent légèrement entre le début et la fin de l'éclipse.

Téléobjectif Canon RF 600 mm / Canon EOS R3 / 1/250 s à 1/4 s, 200 à 800 ISO

Solange Belkadi

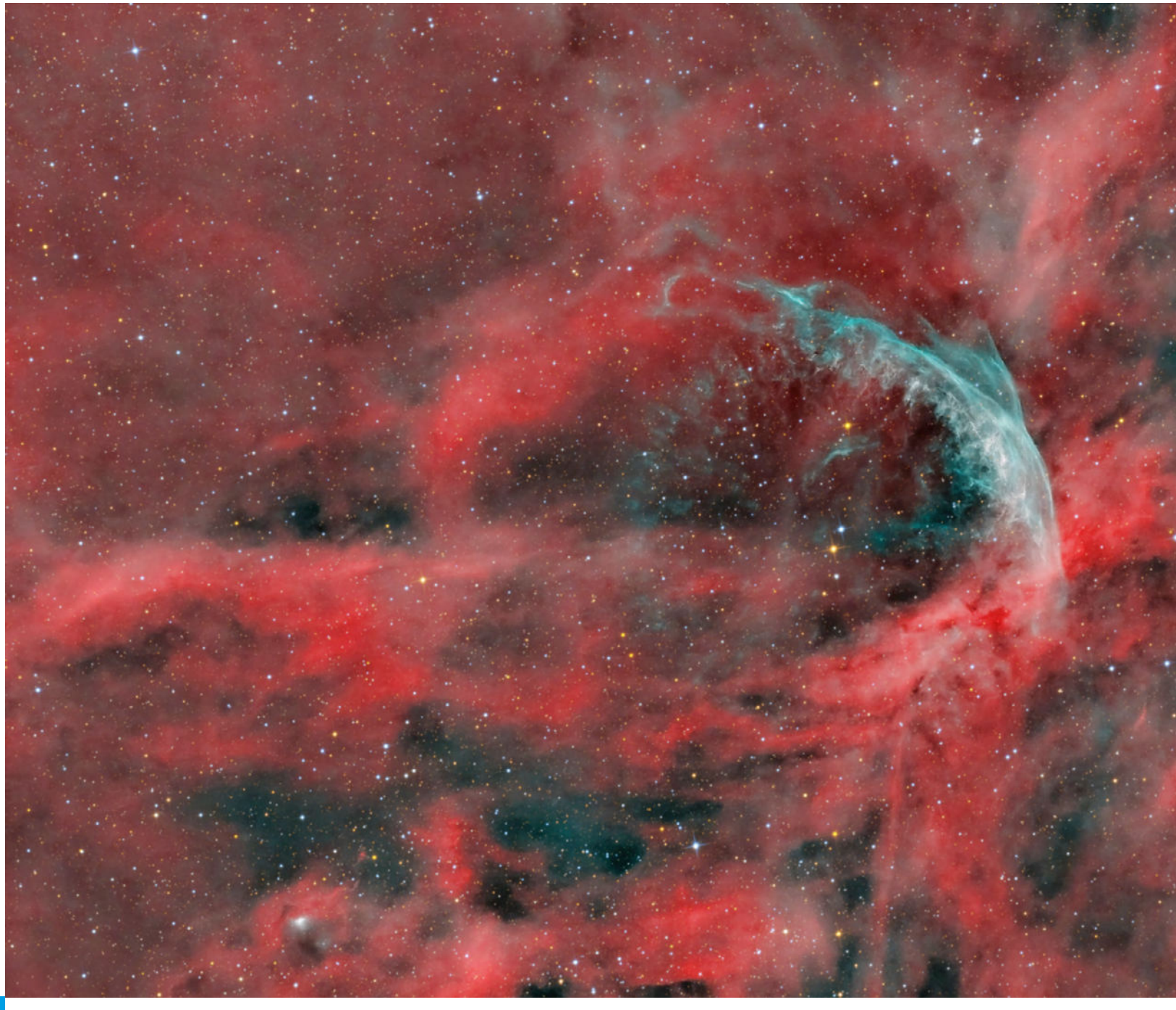
Cette aurore boréale saisie au-dessus de Tromsø en Norvège illustre les progrès fulgurants des smartphones ces dernières années. L'image a été prise à un iPhone 16 utilisé à main levée ! L'astuce du smartphone est de réaliser plusieurs poses courtes qu'il recale et additionne pour créer l'image finale. Sinon, le flou de bougé serait inévitable.

iPhone 16 Pro / 3,4 s à f/1,8

Gwenaël Blanck

« Le spectacle n'a duré qu'une quinzaine de minutes, avec un pic d'intensité autour de 23 h 10 », témoigne Gwenaël. Le 16 avril 2025, il fallait être au bon endroit au bon moment pour épingler cette aurore fugace. Étretat était ce soir-là tout juste à la limite du front nuageux. Plus à l'est, le ciel était bouché jusqu'en Allemagne.

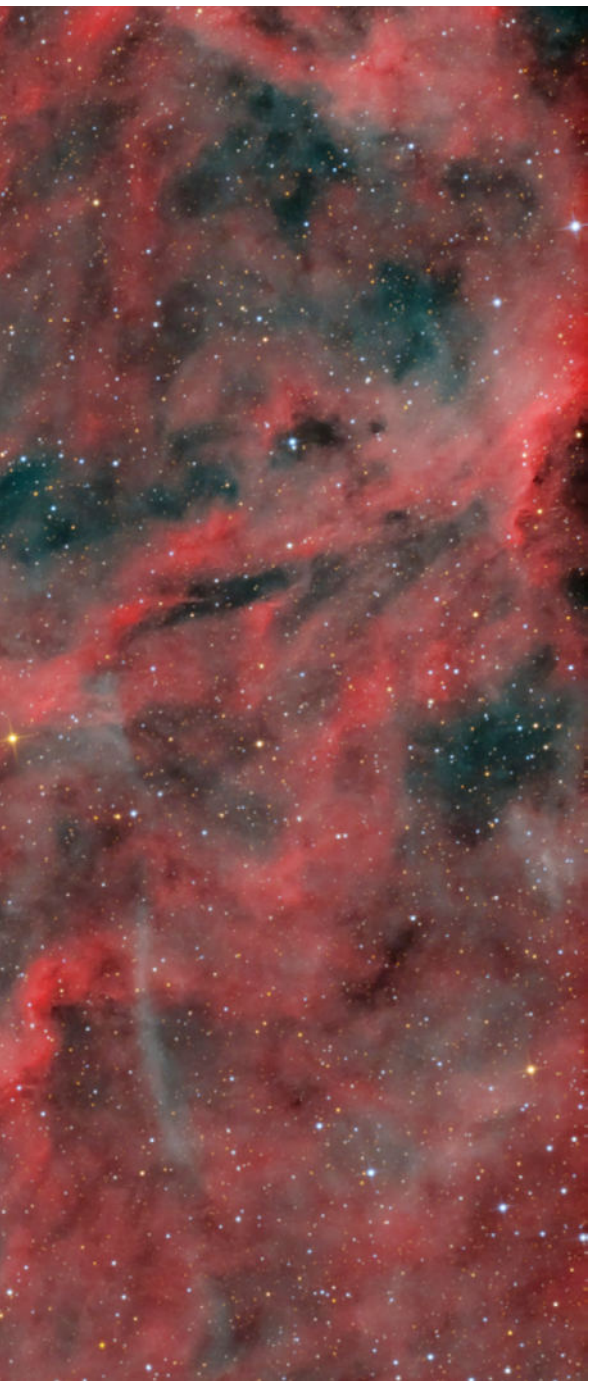
Objectif Nikkor Z 20 mm f/1,8 / Nikon Z6 / 10 s à 1250 ISO



Emmanuel Laks

Cinq nuits d'observation auront été requises pour dévoiler la nébuleuse associée à WR-134, une étoile de type Wolf Rayet. Ces astres massifs ont une vie brève et tumultueuse. Ils expulsent du gaz avant d'exploser en supernova.

Newton Sky-Watcher 200/1000 / Altair Hypercam 26 / 12 h 40 min avec filtres dualband



Anthony Berbeu

L'éclipse du 14 mars 2025 est vue ici à travers le cimier de l'un des quatre télescopes de 8,2 m de diamètre du VLT, au Chili. *« L'éclipse se déroulait alors que la Lune passait au zénith. Il était dur de trouver un avant-plan intéressant, mais j'ai réussi à la prendre à travers l'ouverture du télescope équipée d'une étoile laser »*, détaille Anthony.

Zoom Canon RF-S 18-150mm / Canon EOS R7

Julien de Winter et Quentin de Meur

Cette photo dans la constellation du Cocher est fascinante, car elle a été prise avec un objectif de relativement courte focale : 135 mm. Malgré ce grand champ, le pan de ciel est couvert de nébuleuses et d'amas d'étoiles. On reconnait près du centre l'amas M 38, et en bas M 36. Sur la droite, la nébuleuse la plus contrastée est Flaming Star Nebula (IC 405).

Sigma 135 mm F1.8 DG HSM (Art) f/2,8 / ZWO ASI1600MM / 20 h 8 min de pose avec filtres H alpha, OIII, RVB

Olivier Aguerre

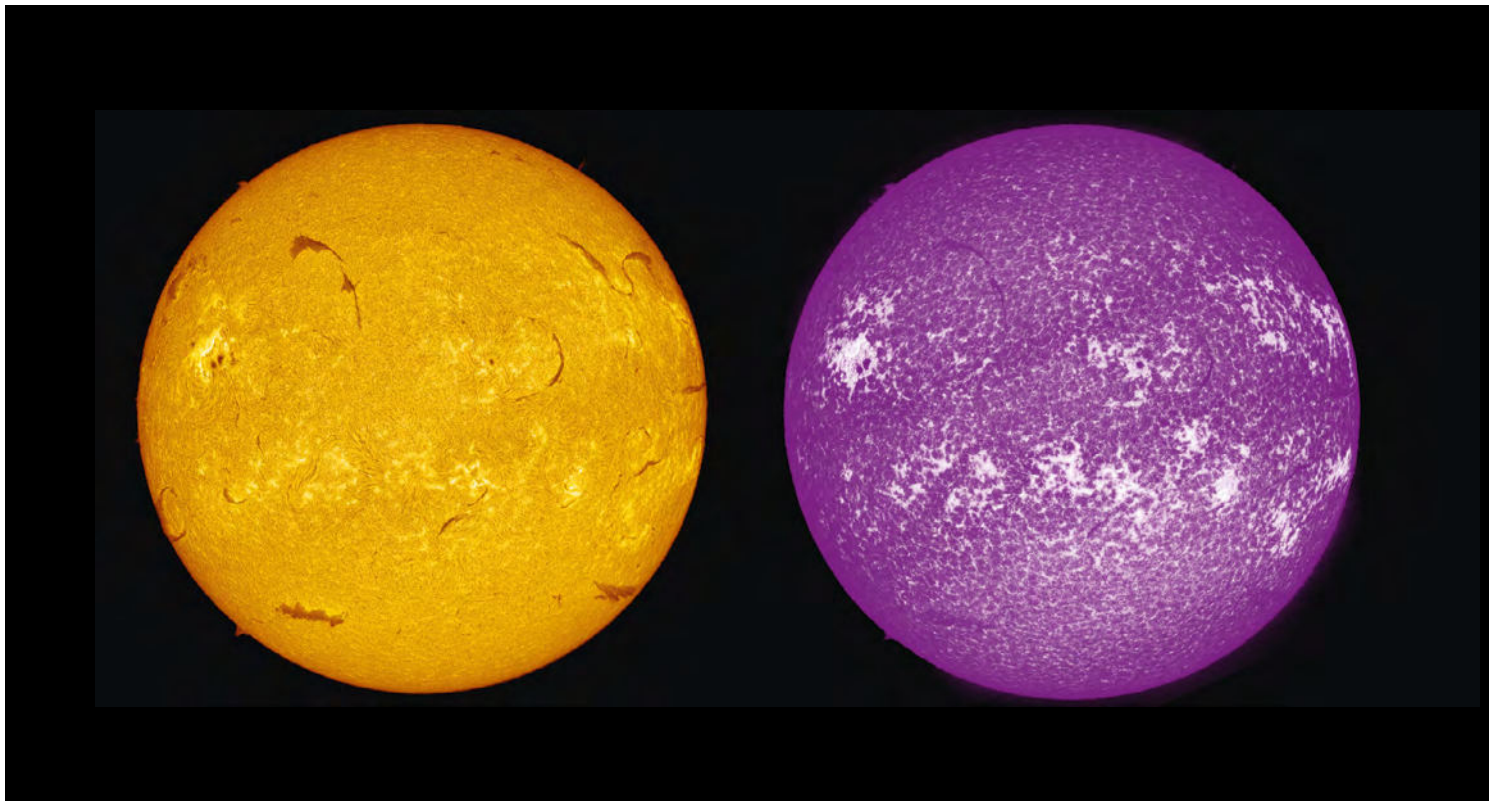
Le Soleil a été photographié le 1er mai 2025, vers 11 h, dans la raie rouge de l'hydrogène (à gauche) et la raie violette du calcium (à droite). Il est intéressant de comparer ces deux vues, obtenues avec un spectrohéliographe Sol'Ex. Pour limiter la lumière incidente, le miroir de 150 mm du télescope a été détraité de sa couche d'aluminium.

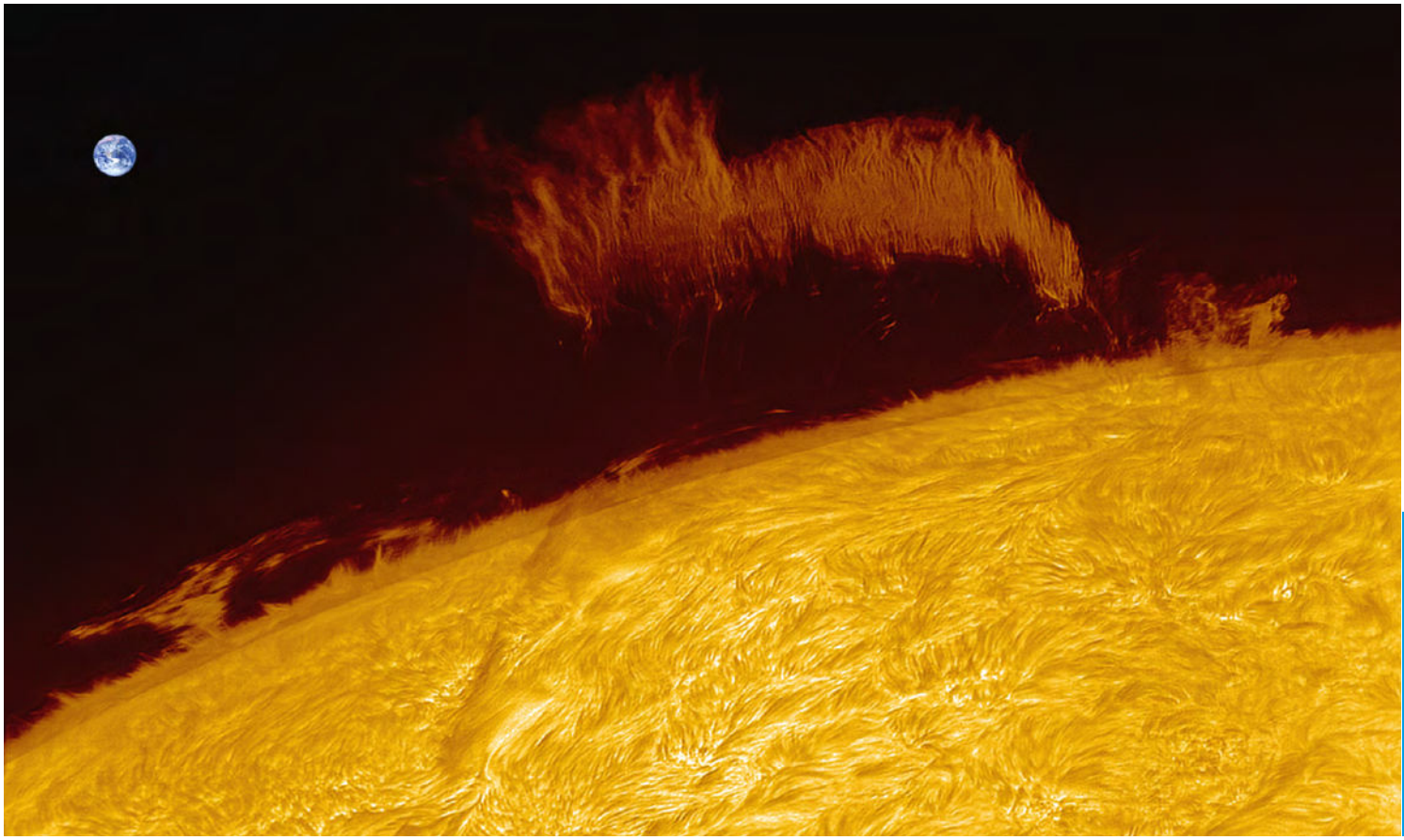
Newton 150/900 mm / Spectrohéliographe Sol'Ex

Philippe Tosi

Cette superbe protubérance a été saisie le 8 avril 2025 avec une lunette de 228 mm de diamètre (la Terre est ajoutée comme indiquer la taille). Pour isoler la lumière de l'hydrogène, Philippe utilise une Coronado PST modifié. Cette petite lunette de 40 mm au tarif abordable pouvait être modifiée pour l'adapter à un plus gros instrument. Elle n'est plus commercialisée.

Lunette 228 mm / Basler 190-155





3 AOUT

L'astéroïde 3 Ausonia passe à l'opposition dans la constellation du Capricorne. Il atteint la magnitude 9,3.

7 AOUT

À Paris, le Soleil se couche dans l'arche de l'Arc de Triomphe, vu depuis le rond-point des Champs-Élysées.

10 AOUT

L'astéroïde 2 Pallas passe à l'opposition dans la constellation du Dauphin. Il atteint la magnitude 9,4.

10 AOUT

L'astéroïde 10 Julia passe à l'opposition dans le Verseau. Il atteint la magnitude 8,5.

12 AOUT

Maximum d'activité du célèbre essaim des Perséides. Hélas, la Lune presque pleine gêne les observations cette année.

12 AOUT

Le soir, la Lune est en conjonction avec Saturne à 6° et avec Neptune à 5°.

19 AOUT

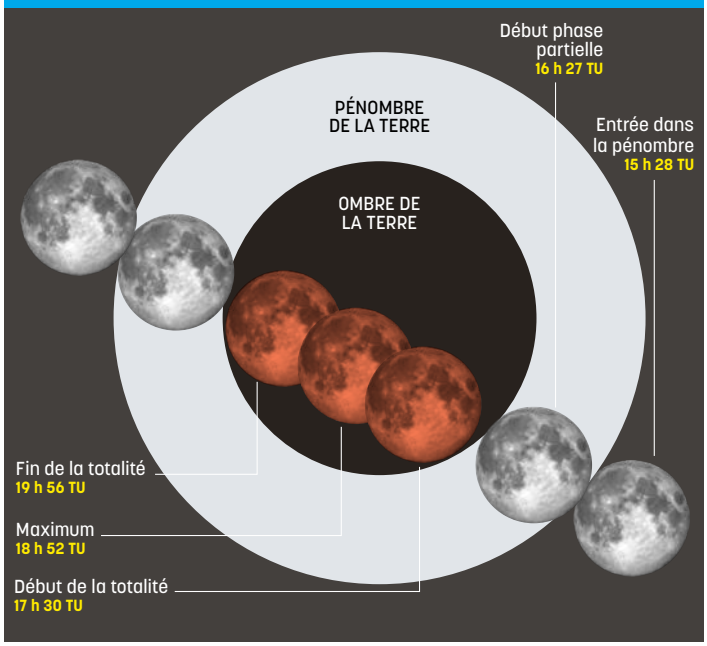
Plus grande élongation de Mercure le matin. L'ouverture favorable de l'écliptique permet d'apercevoir facilement la première planète à l'œil nu et aux jumelles, 30 à 45 minutes avant le lever du Soleil.

21 AOUT

Le fin croissant de Lune s'est intercalé entre Mercure et Vénus.

LA LUNE S'ÉCLIPSE

L'éclipse totale de Lune du 7 septembre est d'autant mieux visible que l'on se situe à l'est de l'Hexagone. À Paris, la phase de totalité prend fin à 20 h 53 TU. La Lune se trouve alors à moins de 5° de l'horizon et le ciel est encore très lumineux. Au même moment à Strasbourg, notre satellite est 3° plus haut et, surtout, le crépuscule nautique permet de distinguer sa couleur rouge brique, qui ressort sur le bleu sombre du ciel.



22 AOUT

À partir de ce matin et pour quinze jours, vous pouvez chercher la lumière zodiacale vers l'est en fin de nuit.

25 AOUT

L'astéroïde 6 Hebe passe à l'opposition dans la constellation du Verseau. Il atteint la magnitude 7,6.

26 AOUT

La Lune est en conjonction avec Mars. Les deux astres séparés de 4° sont à chercher bas sur l'horizon ouest au crépuscule.

1er SEPTEMBRE

Maximum d'activité de l'essaim des Aurigides. Le taux horaire est de 6 étoiles filantes environ.

8 SEPTEMBRE

Lorsqu'elle se lève en début de nuit, la Lune est à moins de 3° de Saturne. Neptune se trouve à mi-chemin de la Lune et de Saturne.

9 SEPTEMBRE

Maximum d'activité des Epsilon Perséides. Le taux horaire est de 8 étoiles filantes en moyenne, mais la Lune est gênante.

16 SEPTEMBRE

Rapprochement (4,5°) entre le croissant de Lune et Jupiter dans la constellation des Gémeaux.

19 SEPTEMBRE

À l'aube, recherchez la Lune au-dessus du diamant de Vénus, elle-même voisine de Régulus. Illuminée à seulement 7 %, elle nous apparait comme un fin cil. Quelques heures plus tard, une occultation est visible en plein jour (lire p. 127, en bas)

21 SEPTEMBRE

À partir de ce matin et pour les deux prochaines semaines, tentez de voir la lumière zodiacale vers l'est, en fin de nuit. Cette lueur discrète est le reflet de la lumière solaire sur les poussières présentes dans le plan du Système solaire.

21 SEPTEMBRE

Saturne est à l'opposition, à la frontière des Poissons et du Verseau

21 SEPTEMBRE

Éclipse partielle de Soleil visible en Nouvelle-Zélande.

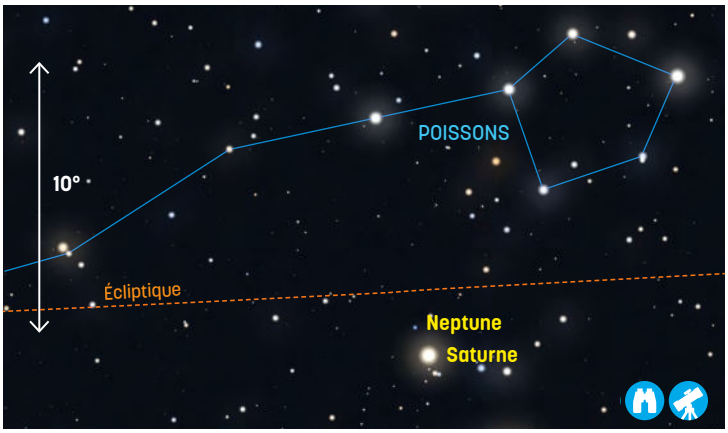
22 SEPTEMBRE

Équinoxe d'automne.

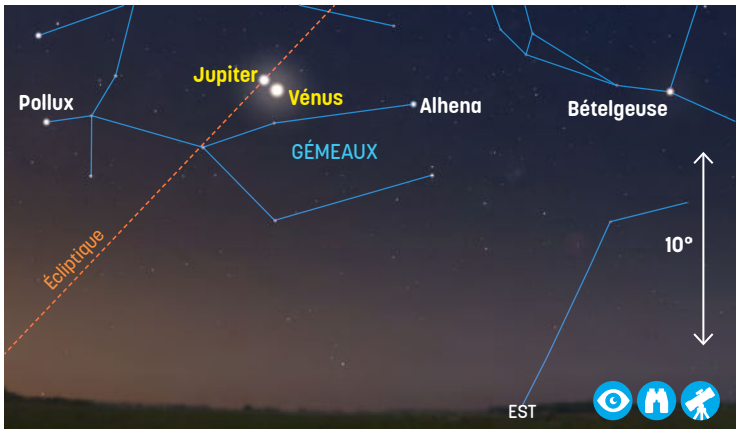
Horaires en temps universel (TU).
Heure légale = TU - 2 h

PHÉNOMÈNE À VOIR AVEC

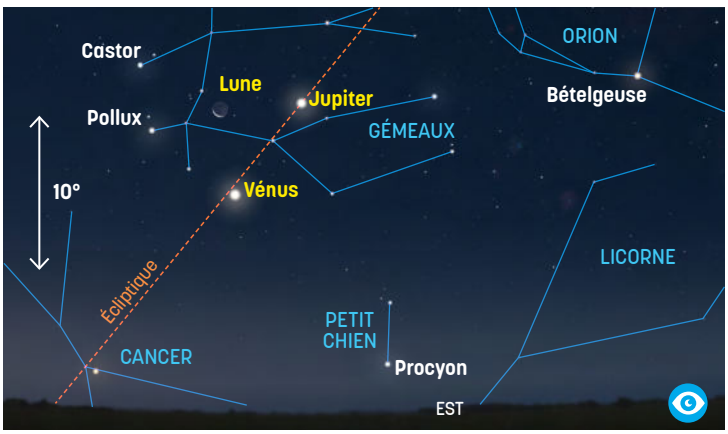
œil nu	jumelles	télescope



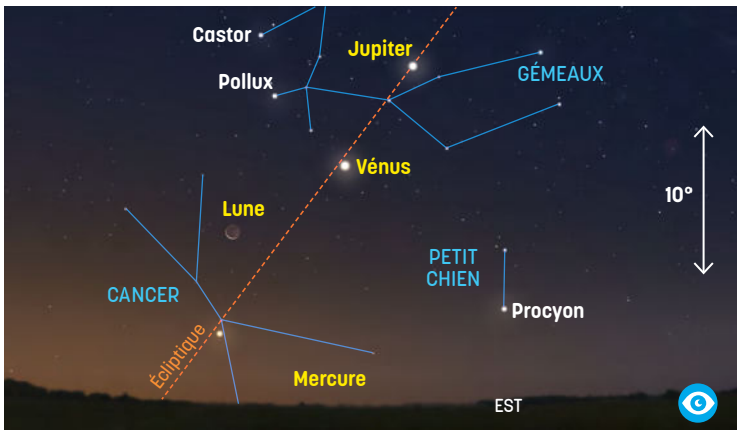
6 AOUT À 0 H 30 TU I Neptune est en conjonction avec Saturne à 1° 7′. Les deux planètes géantes se trouvent au sud-est. Neptune est de magnitude 7,7. La voir nécessite un instrument.



12 AOUT À 3 H 30 TU I Le matin, Vénus et Jupiter se croisent à moins de 1°. Elles peuvent être observées dans le même champ d'un télescope avec moins de 50 fois de grossissement.

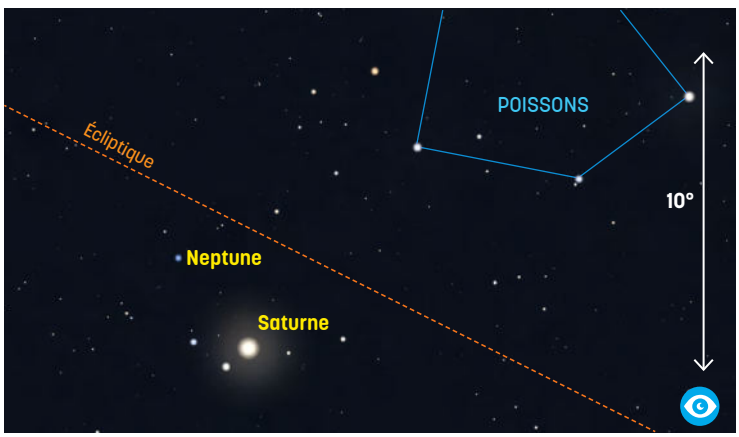


20 AOUT À 3 H 30 TU I En fin de nuit, une belle conjonction met en jeu Vénus, Jupiter et la Lune. Les trois astres sont disposés en triangle au-dessus de l'horizon est.



21 AOUT À 3 H 50 TU I Mercure est à son point le plus haut dans le ciel du matin. Le 21, elle est surplombée par un croissant de Lune ultrafin à 7°, Vénus à 15° et Jupiter à 25°.

19 SEPTEMBRE À 12 H 2 TU I Occultation de Vénus par la Lune en plein jour à 11 h 57 TU à Brest, à 12 h 02 TU à Paris et à 12 h 18 TU à Nice. Vénus est petite (11,4″) et quasiment pleine. La Lune est en très fin dernier croissant. L'émersion se produit environ 1 h 20 min plus tard.



23 SEPTEMBRE À 0 H TU I Neptune passe à l'opposition le jour de la date anniversaire de la mort de son découvreur, Urbain Le Verrier. Elle se trouve à moins de 3° de Saturne, passée à l'opposition deux jours plus tôt. Les deux planètes sont plein sud.

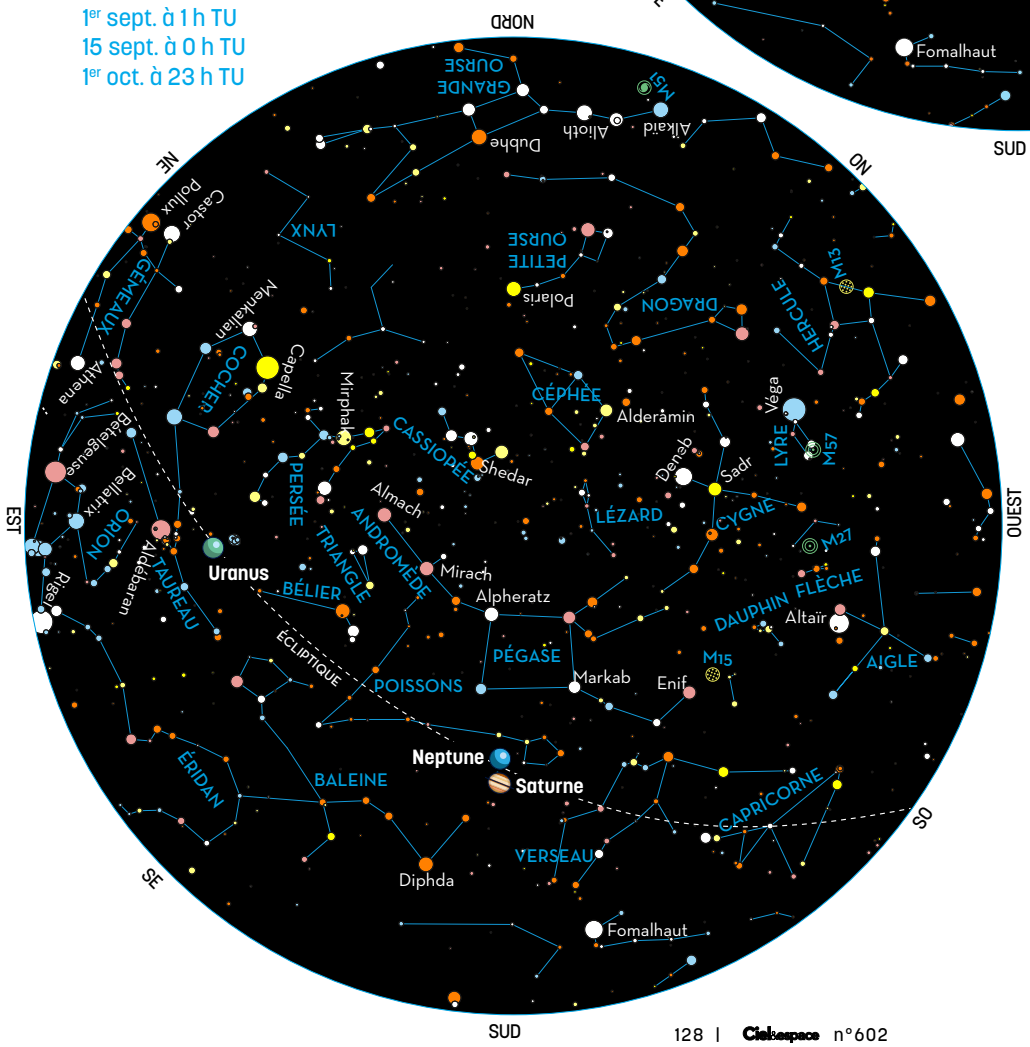
LE CIEL NOCTURNE

CIEL À LA LATITUDE DE CLERMONT-FERRAND (45° 47′ N).

Si vous habitez plus au nord, l'Étoile polaire sera plus haute dans le ciel et les étoiles de la partie sud de la voute céleste seront plus proches de l'horizon (et inversement si vous habitez au sud).

Carte valable le :
1er aout à 1 h TU
15 aout à 0 h TU
1er sept. à 23 h TU

Carte valable le :
1er sept. à 1 h TU
15 sept. à 0 h TU
1er oct. à 23 h TU

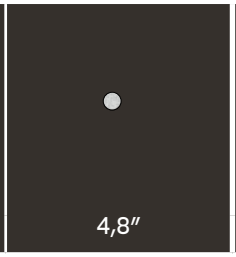
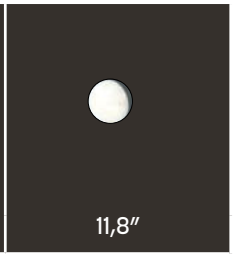


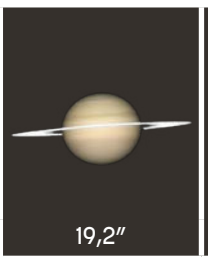
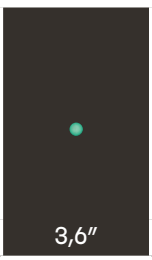
LÉGENDE

- Amas ouvert
- Amas globulaire
- Nébuleuse diffuse
- Nébuleuse planétaire
- Galaxie

ORION Constellation
Spica Étoile

RETROUVEZ AUSSI NOS CONSEILS D'OBSERVATION SUR CIELETESPACE.FR

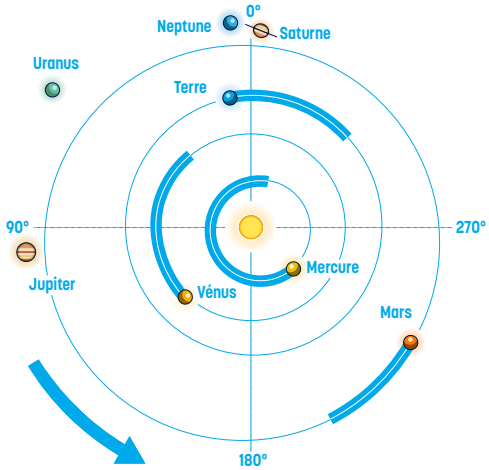
MERCURE		VÉNUS	
15/8	15/9	15/8	15/9
			
8,4″	4,8″	13,4″	11,8″
▲ 3 h 18	▲ 5 h 34	▲ 1 h 39	▲ 2 h 52
▼ 18 h 08	▼ 18 h 14	▼ 17 h 23	▼ 17 h 12
Mv 0,63	– 1,67	– 3,94	– 3,88
★★★	⛔	★★★★	★★★★

MARS	JUPITER	SATURNE	URANUS	NEPTUNE
1/9	1/9	1/9	1/9	1/9
				
4,1″	34,3″	19,2″	3,6″	2,3″
▲ 8 h 32	▲ 0 h 31	▲ 19 h 17	▲ 21 h 19	▲ 19 h 13
▼ 19 h 41	▼ 16 h 20	▼ 7 h 05	▼ 12 h 48	▼ 7 h 15
Mv 1,69	– 2	0,66	5,71	7,82
⛔	★★	★★★	★★★★	★★★★

Magnitude : Mv Taille apparente : xx″ ▲ Lever ▼ Coucher en TU

POSITIONS HÉLIOCENTRIQUES

au 30 septembre



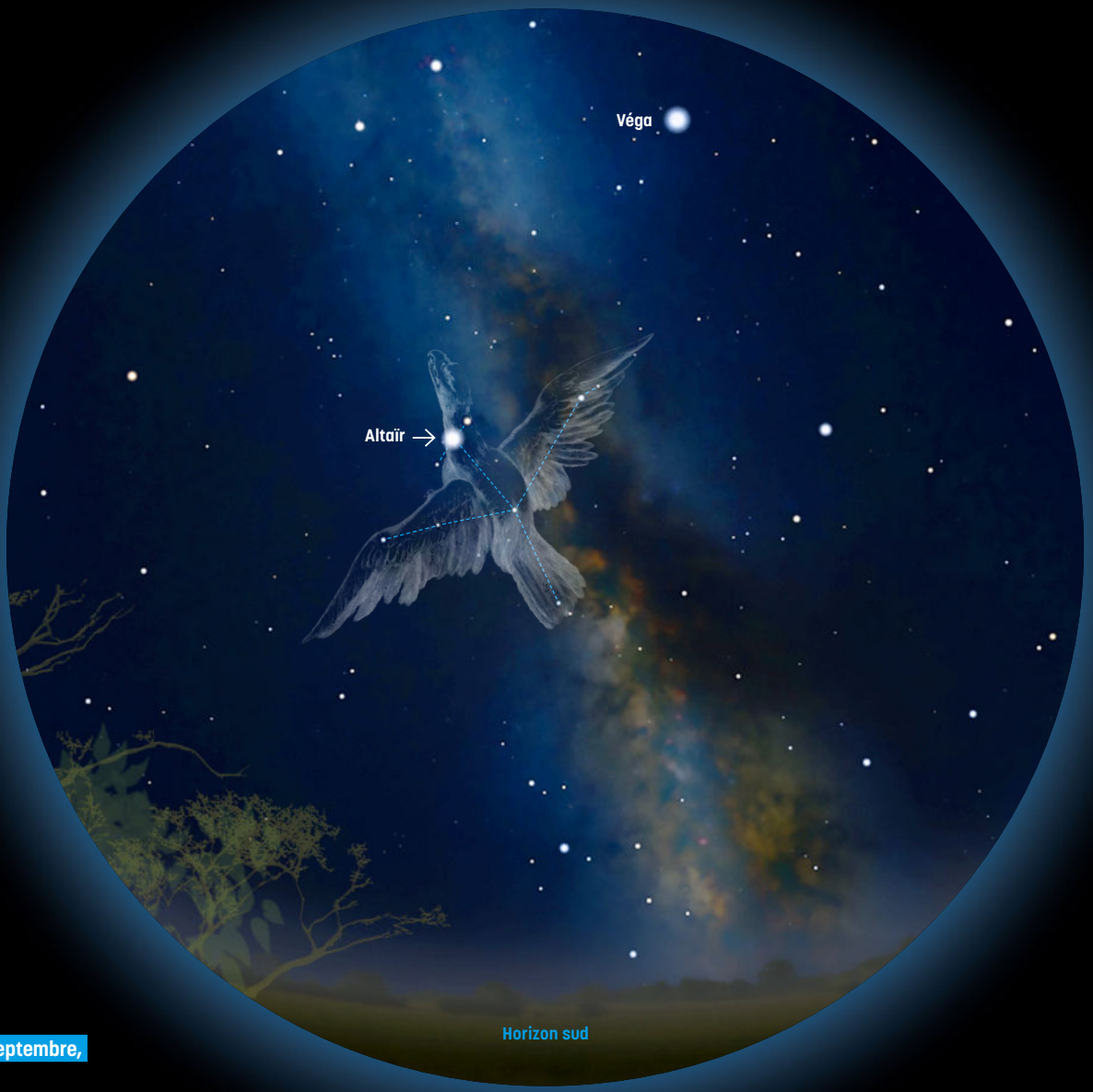
Mercure, Vénus, la Terre et Mars : la courbe indique leur déplacement depuis le 1er aout.

LA LUNE

- **9** aout — Verseau
- **16** aout — Bélier
- **23** aout — Lion
- **31** aout — Scorpion
- **7** septembre — Verseau
- **14** septembre — Taureau
- **21** septembre — Lion
- **30** septembre — Sagittaire

VISIBILITÉ DES PLANÈTES

Mercure fait une très belle apparition le matin à l'aube autour du 19 août, date à laquelle elle atteint son élongation maximale. La prochaine occasion pour l'observer aura lieu fin octobre. **Vénus** s'éloigne de la Terre, mais elle est bien visible en fin de nuit, avec notamment une très belle conjonction le 12 août. Sa taille apparente décline de 14″ à 11″ sur la période. **Mars** s'évanouit dans le crépuscule et devient inobservable. **Jupiter** fait son retour à l'aube dès août et prend assez de hauteur en septembre pour envisager des observations sérieuses au télescope. **Saturne** culmine en seconde partie de nuit en août et en milieu de nuit en septembre, puisqu'elle passe à l'opposition. Idem pour **Neptune** puisque les deux planètes sont voisines dans le ciel. Enfin, **Uranus** commence à prendre de la hauteur en fin de nuit. Les observations sérieuses peuvent commencer.



En août-septembre, vers 23 h

VISEZ UNE TOUPIE STELLAIRE

Une étoile éclatante brille au sud en début de nuit : Altaïr. Elle est l'une des rares dont les astronomes ont vu la forme… qui n'est pas ronde.

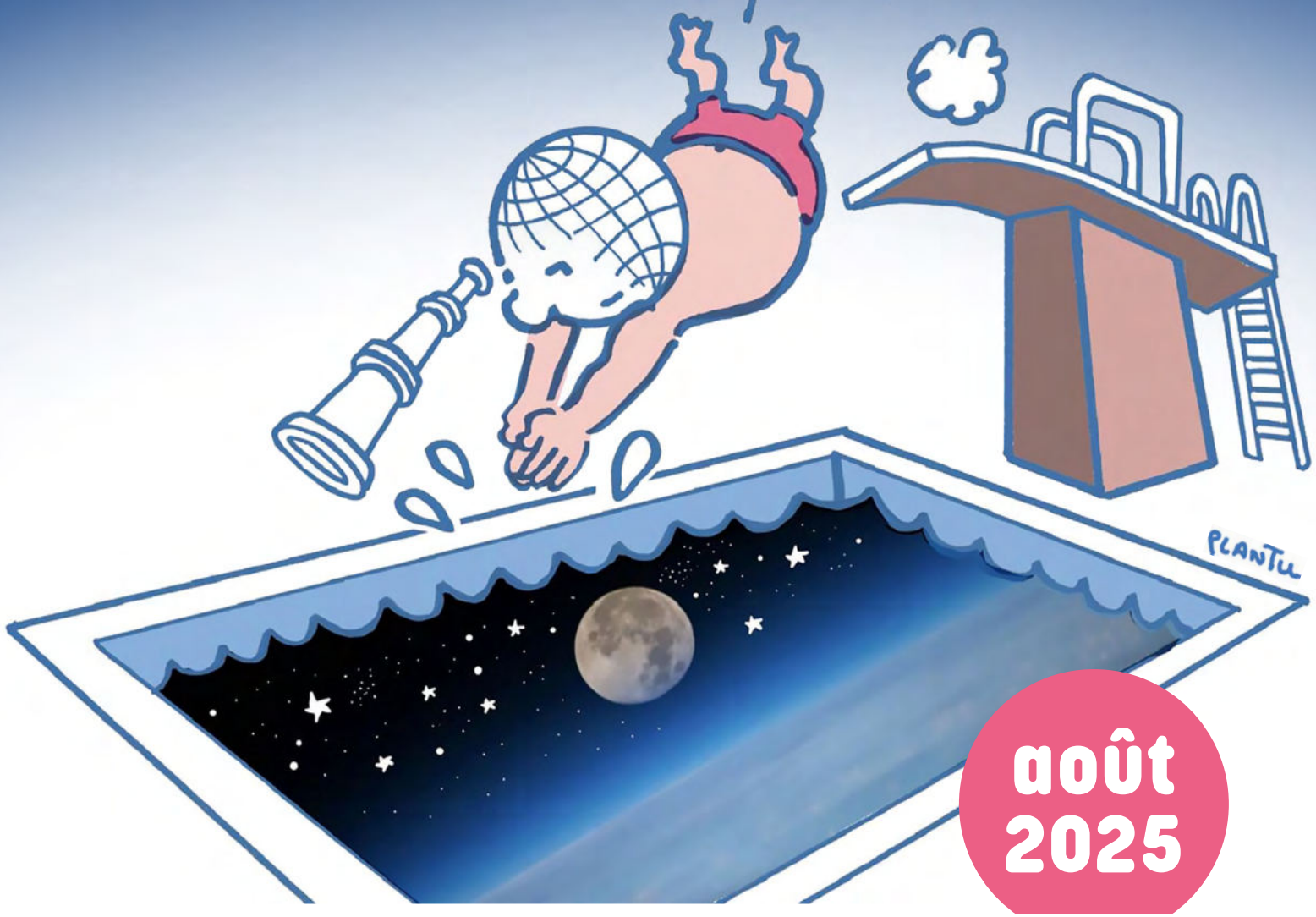
Philippe Henarejos

À la nuit tombée, dirigez votre regard à mi-hauteur au-dessus de l'horizon sud. Une belle étoile blanche brille plus que les autres, c'est Altaïr, de la constellation de l'Aigle. Presque deux fois plus massive que le Soleil, elle est aussi bien plus jeune : 100 millions d'années, au lieu de 4,5 milliards d'années. Un écart qui engendre une nette différence : Altaïr fait un tour sur elle-même en seulement 7 h 46 min (au lieu de 28 jours pour le Soleil). Comme elle n'est qu'à 16 années-lumière, les astronomes ont pu voir sa surface et découvrir sa forme, qui découle de sa rotation rapide : celle d'une citrouille, aplatie aux pôles. Au fil des centaines de millions d'années, cette toupie stellaire va s'assagir…

Retrouvez tous nos voyages sur
www.afastronomie.fr

Association française d'Astronomie

LES NUITS des étoiles



août 2025

GOUVERNEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

LA MER EN COMMUN
ANNÉE DE LA MER

cnes
CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

UNISTELLAR

MUIN WATCHES

Ciel&espace

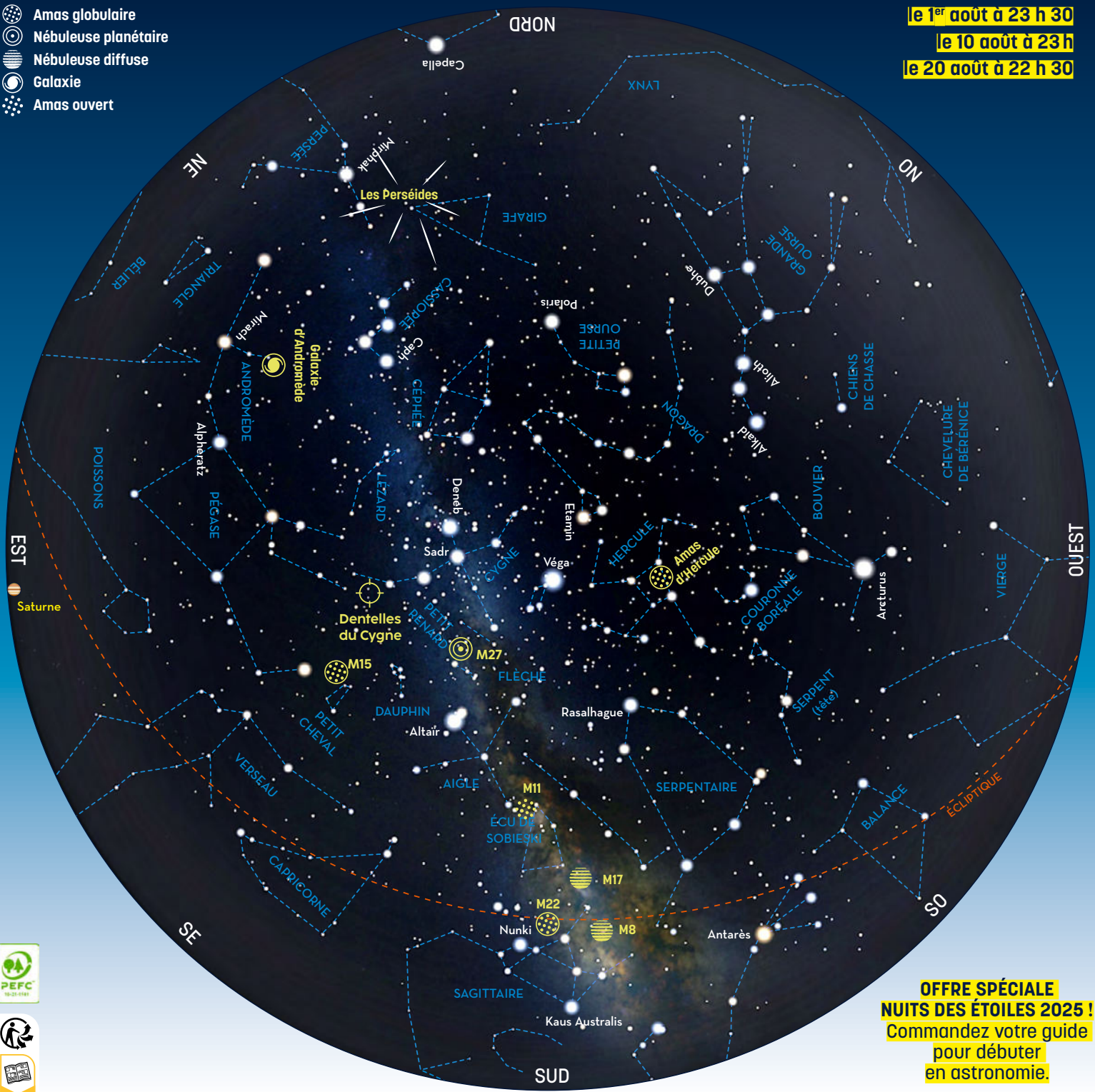
Tous les sites sur www.afastronomie.fr

LA CARTE DES NUITS DES ÉTOILES

LÉGENDE

- Amas globulaire
- Nébuleuse planétaire
- Nébuleuse diffuse
- Galaxie
- Amas ouvert

Carte valable en heure légale :
le 1er août à 23 h 30
le 10 août à 23 h
le 20 août à 22 h 30



OFFRE SPÉCIALE NUITS DES ÉTOILES 2025 !
Commandez votre guide pour débuter en astronomie.

© C&E 2025

CELESTRON®

Votre téléscope devient l'accessoire de votre smartphone

DISPONIBLE SUR App Store

DISPONIBLE SUR Google play

StarSense EXPLORER

Au cours des 60 dernières années, Celestron a rendu l'astronomie plus facile et plus accessible à toutes et tous.

Avec nos ingénieurs nous avons ré-inventé la façon de découvrir le ciel grâce à notre nouvelle gamme de produits d'initiation **"StarSense Explorer"**.

La première gamme de télescopes qui utilise votre smartphone pour analyser le ciel nocturne et calculer votre position en temps réel. **StarSense Explorer** est idéal pour les débutants grâce à l'interface conviviale de l'application et à des didacticiels détaillés (EN FRANÇAIS) : c'est comme avoir votre propre planétarium personnel.

Laissez derrière vous les cartes stellaires compliquées, les applications de planétarium imprécises et les supports informatisés, avec **StarSense Explorer**, la localisation d'objets n'a jamais été aussi simple, rapide et précise.

Quelques minutes après avoir installé le télescope, vous naviguerez dans le ciel en toute confiance.

Pas de moteurs. Pas d'alignement. Juste **StarSense Explorer**, votre smartphone et le ciel nocturne.

Placez simplement votre téléphone dans le socle et lancez l'application **StarSense Explorer** (disponible sur Google Play et App Store).

Après avoir aligné votre téléphone sur l'optique du télescope (une procédure rapide de 2 minutes), **StarSense Explorer** va générer une liste des objets célestes visibles en fonction de votre géolocalisation.

Faites votre sélection, suivez les flèches sur l'écran pour vous guider et pointez l'objet céleste selectionné. Lorsque l'objet est correctement ciblé, celle-ci devient verte et il ne vous reste plus qu'à contempler.

Pour en savoir plus **celestron.fr**

Téléscope StarSense Explorer LT 127AZ - Réf.: C-22453

Lunette StarSense Explorer DX 102AZ - Réf.: C-22460

StarSense EXPLORER TELESCOPES

1 **PLACEZ** VOTRE SMARTPHONE

2 **LANCEZ** L'APPLICATION STARSENSE EXPLORER

3 **OBSERVEZ** ÉTOILES, PLANÈTES ET BIEN PLUS ENCORE

Liste des revendeurs près de chez vous sur www.celestron.fr

Matériel importé, contrôlé et distribué en France par **MEDAS INSTRUMENTS**